

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-223921

(43)Date of publication of application : 26.08.1997

(51)Int.Cl.

H01Q 9/46

H01Q 9/26

H01Q 9/27

H01Q 13/20

(21)Application number : 08-257041

(71)Applicant : N T T IDO TSUSHINMO KK

(22)Date of filing : 27.09.1996

(72)Inventor : IHARA TAISUKE
TSUNEKAWA KOICHI
KIJIMA MAKOTO

(30)Priority

Priority number : 07249712 Priority date : 27.09.1995 Priority country : JP
07321906 11.12.1995

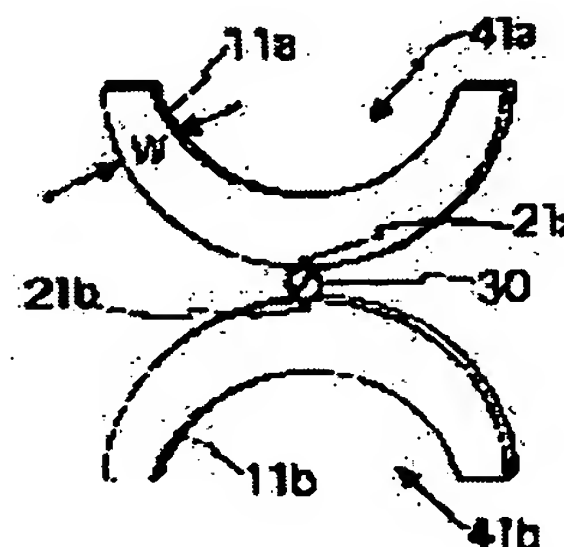
JP

(54) WIDE-BAND ANTENNA DEVICE USING SEMICIRCULAR RADIATION PLATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform miniaturization and to provide a lowest resonance frequency by forming an almost semicircular notched part at the center part of a semicircular conductor plate as a radiation plate.

SOLUTION: This antenna device is composed of arcuate radiation plates 11a and 11b formed by cutting off concentric almost semicircular part smaller than the conductor plate from the two conductor plates (copper plate or the like for instance) in an almost semicircular shape. The two radiation plates 11a and 11b are respectively arranged by making the vertex parts 21a and 21b of a circular arc face each other and a power feeding part 30 is provided between the vertex parts 21a and 21b. On the respective two radiation plates 11a and 11b, the almost semicircular notched parts 41a and 41b are provided concentrically to them on the center part of the circle of the almost semicircular shape. In the case that the radiation plates 11a and 11b are semicircular and the notched parts 41a and 41b are semi-elliptic provided with a long axis in a horizontal direction, an axis W is gradually decreased or increased toward the tip of the radiation plates 11a and 11b. In the case of being provided with the long axis in a vertical direction, the axis W is gradually increased toward the tip.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3273463

[Date of registration] 01.02.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-223921

(43)公開日 平成9年(1997)8月26日

(51)IntCl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 Q	9/46		H 0 1 Q	9/46
	9/26			9/26
	9/27			9/27
	13/20			13/20

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 24 頁)

(21)出願番号	特願平8-257041	(71)出願人	392026693 エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号
(22)出願日	平成8年(1996)9月27日	(72)発明者	井原 泰介 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平7-249712	(72)発明者	常川 光一 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社内
(32)優先日	平7(1995)9月27日	(72)発明者	木島 誠 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社内
(33)優先権主張国	日本(J P)	(74)代理人	弁理士 草野 卓 (外1名)
(31)優先権主張番号	特願平7-321906		
(32)優先日	平7(1995)12月11日		
(33)優先権主張国	日本(J P)		

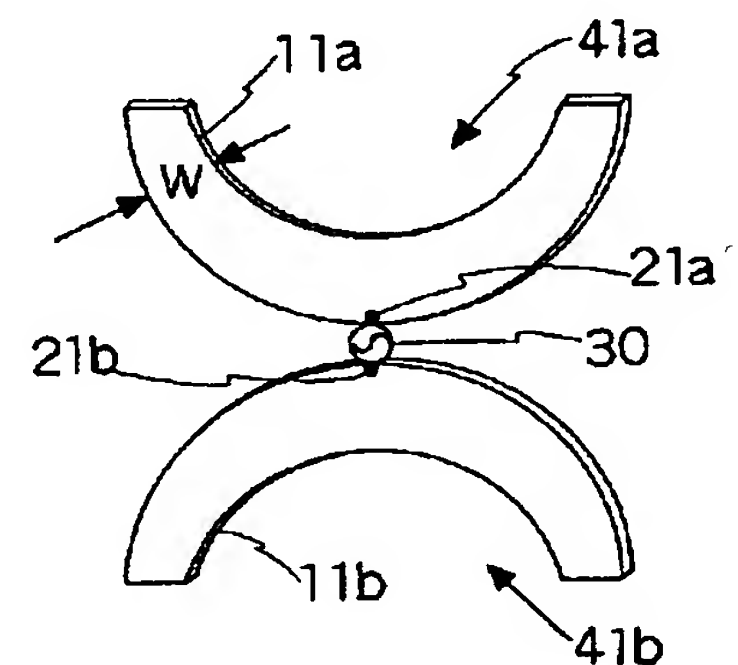
(54)【発明の名称】 半円形放射板を使った広帯域アンテナ装置

(57)【要約】

【課題】 小型で最低共振周波数を低くした広帯域アンテナを提供する。

【解決手段】 半円形導体板を使用した広帯域アンテナ装置において、半円形の放射板に同心状に半円形の切り欠きを形成する。あるいは同心状に半円形の切り欠きが形成された半円形の放射導体を筒状に形成し放射板とする。

FIG. 6



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ほぼ半円形の導体板からなる第1放射板と、上記第1放射板はその半円と同心状にほぼ半円形の切り欠きが形成されており、

上記放射板と直角にその半円弧と対向して配置された平面導体地板と、

上記放射板の半円弧の頂点部と上記平面導体地板とに接続され、それら間に給電するための給電線と、を含むアンテナ装置。

【請求項2】 請求項1のアンテナ装置において、上記第1放射板とほぼ同一形状のもう1つの放射板が中心軸を共有して互いに交差して設けられている。

【請求項3】 ほぼ半円形の切り欠き部が同心状に形成されたほぼ半円形の導体からなる第1放射板と、

ほぼ半円形の導体板からなる第2放射板と、上記第1及び第2放射板はそれぞれの円弧の頂点部が対向して配置されており、

上記第1及び第2放射板の上記頂点部をそれぞれ給電点とし、それら間に給電するための給電線と、を含むアンテナ装置。

【請求項4】 請求項3のアンテナ装置において、上記第1放射板とほぼ同一形状を有し、上記第1放射板と上記円弧頂点をほぼ一致させ、中心軸を共有して互いに交差して設けられた第3放射板と、上記第2放射板とほぼ同一形状を有し、上記第2放射板と上記円弧頂点をほぼ一致させ、中心軸を共有して互いに交差して設けられた第4放射板と、を更に含む。

【請求項5】 請求項3のアンテナ装置において、上記第2放射板はその半円形とほぼ同心に形成された切り欠き部を有している。

【請求項6】 請求項1または3のアンテナ装置において、上記第1放射板の上記切り欠き部に、上記半円形放射板とは異なる型の少なくとも1つの放射素子が配置され、上記第1放射板の上記給電点近傍に接続されている。

【請求項7】 請求項6のアンテナ装置において、上記放射素子はメアング状モノポール、抵抗装荷モノポール及びヘリカルアンテナのいずれか1つを含む。

【請求項8】 ほぼ半円形状の導体板が円筒状に湾曲されて形成された放射板を少なくとも1つ有するアンテナ装置。

【請求項9】 請求項8のアンテナ装置において、上記放射板の半円弧の頂点部と対向し、上記円筒の母線とほぼ直角に配置された平面導体地板と、上記半円弧の頂点と上記平面導体地板に接続され、それら間に給電するための給電線とを更に含む。

【請求項10】 請求項8のアンテナ装置において、上記半円形の導体板と中心線を一致させ、上記放射板の半円弧と対向した弧状周縁を有するもう1つの放射板と、上記放射板の円弧頂点部と上記もう1つの放射板の円弧

頂点部とに接続され、それら間に給電するための給電線とを含む。

【請求項11】 請求項10のアンテナ装置において、上記もう1つの放射板は半円形のもう1つの導体板よりなる。

【請求項12】 請求項10のアンテナ装置において、上記もう1つの放射板は半円形のもう1つの導体板をほぼ筒状に巻いて形成された筒状放射板である。

【請求項13】 請求項9または10のアンテナ装置において、上記放射板はその上記導体板の半円形とほぼ同心に形成されたほぼ半円形の切り欠き部を有す。

【請求項14】 請求項13のアンテナ装置において、上記切り欠き部に少なくとも1つの上記半円形の放射導体と型の異なる放射素子とその筒状に湾曲された導体板に取付けられている。

【請求項15】 請求項14のアンテナ装置において、上記放射素子はメアング状モノポール、抵抗装荷モノポールおよびヘリカルアンテナから選ばれた少なくとも1つのアンテナ素子を含む。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属す技術分野】 この発明は例えば0.5～13GHzのような広帯域でかつ小形に構成可能なアンテナ装置に関し、特に半円形、又は半円リボン状放射板を使ったアンテナ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の広帯域アンテナの例として文献、R.M. Taylor., "A Broadband Omnidirectional Antenna," IEEE AP-S International Symposium, 1994, p1294. に半円形導体板を用いたアンテナ装置が示されている。その構成例を図1に示す。このアンテナ装置は2つのエレメントを備えている。一方のエレメントは2枚の半円形の導体板121 a、122 aから構成されており、この2枚の導体板121 a、122 aは各々の半円円弧の頂点を通る中心線Oxを互いに一致させ、かつ互いに直角に交わるように組合わせた構成をしている。もう片方のエレメントも同様に半円形の導体板121 b、122 bを、各々の半円円弧の頂点Oxを通る中心線を互いに一致させ、かつ互いに直角に交わるように組合わせた構成をしている。この2つのエレメントは各々の円弧の頂点が対向するように配置される。給電部はこの2つのエレメントの円弧の頂点間に設置されており、給電のための同軸ケーブル31が一方のエレメントの中心部にその外皮導体がエレメントに接して配置される。

【0003】 図2は図1に示したアンテナ装置を簡略化した構成例を示す。この簡略型のアンテナ装置は、半円形の導体板12 a、12 bを備えている。導体板12 a、12 bは各々の半円円弧の頂点が対向するように配置されている。給電部はこの2つの導体板12 a、12 bの頂点間に設けられ、導体板12 bに設置された同軸ケ

ープル31により給電される構成となっている。

【0004】図3は図2に示したアンテナ装置のVSWR特性を示す。この図に示すように簡略化したアンテナ装置においても広帯域特性を持つことがわかる。この特性は放射板12a, 12bの半円形状の半径 r を $r=6\text{ cm}$ として得られた。VSWR<2.0となる下限帯域は600MHzとなっている。この時の下限周波数の波長 λ は約50cmであるので、そのおよそ $(1/8)\lambda$ が半径 r の長さとして必要なことがわかる。図1のアンテナ装置の放射特性は中心線Oxに直角な平面内で無指向性であり、他方、図2のアンテナ装置の放射特性は下限周波数からそのほぼ2倍の周波数までは無指向性であり、それより高い周波数領域では中心線Oxに直角な平面内で放射板12aと同一方向に強い指向性を有している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように、図1の従来のアンテナ装置は2枚の扇状放射板が交差して組み合わせられた形状のアンテナ素子が上下2組設けられているため大きな占有空間を必要とし、図2の簡易型アンテナ装置においても扇状半円形放射板は大きな占有面積を必要とする。また、その大きさについても少なくとも最低共振波長の $1/8$ 波長程度の半径を持つ半円形導体板を必要とし、簡易型でも縦横 $2r \times 2r$ 、すなわち $(1/4)\lambda \times (1/4)\lambda$ のアンテナ面積が必要となる。従って、従来のアンテナ装置は体積、面積に大きなスペースを必要とし、また下限周波数を下げようとする、その下限周波数に反比例してアンテナ装置が大型化する欠点があった。

【0006】この発明の目的は、このような課題を解決し、従来と同等の電気的特性でより小型のアンテナ装置、又は従来よりも小型でしかも従来より低い最低共振周波数の得られるアンテナ装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の第1の観点によるアンテナ装置は、放射板としての半円形状の導体板の中心部に、ほぼ半円形の切り欠き部を形成していることを特徴としている。この切り欠き部を有する放射板と直角な面に、その円弧頂点と対向して平面導体地板を設け、その円弧頂点を給電点とし、上記地板との間に給電するように構成するか、又は上記放射板とほぼ同じ半円形のもう1つの放射板を、それらの放射板の円弧頂点が対向するように設け、それらの円弧頂点を給電点としてそれら間に給電するように構成する。

【0008】上記半円形放射板の半円形切り欠き部に、半円形型とは異なる少なくとも1つの放射素子を配置し、給電点近くに接続してもよい。この発明の第2の観点によるアンテナ装置は、放射板としての半円形の導体板が円筒状に折り曲げられていることを特徴とする。この第2の観点によるアンテナ装置において、円弧頂点と対向し、円筒軸と直角な平面導体地板を設け、上記円弧

頂点を給電点とし、平面導体地板との間に給電する構成とするか、又は上記円筒状放射板の円弧頂点と対向する円弧頂点を有するもう1つの半円形放射板を上記円筒軸と平行に設け、それら円弧頂点を給電点とし、それら間に給電するように構成してもよい。

【0009】また上記第2の観点のアンテナ装置において、円筒を形成する半円形放射板に半円形切り欠き部を形成した場合は、その切り欠き部に半円形型とは異なる放射素子を少なくとも1つ配置して給電点近くに接続してもよい。この発明の第1及び第2の観点によるアンテナ装置によれば、半円形放射板に切り欠きを形成し及び／又は半円形放射板を円筒状に形成することにより、アンテナ素子の占有空間を削減でき、かつ従来と同等の広帯域特性を維持しつつ、しかもVSWR特性を改善することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】この発明の実施例を説明する前に、図1に示したダイポール型アンテナの1つの放射素子である半円形放射板と、鏡像面として作用する平面導体地板とにより構成し、図1のアンテナと等価な動作をするモノポール型アンテナについてまず検討する。即ち、図4に示すように平面導体地板50上に半円形放射板11をその円弧頂点21が地板50と近接対向するように垂直に配置し、半円形放射板12の円弧頂点と地板50に同軸給電ケーブルの中心導体と外皮導体をそれぞれ接続してアンテナを構成し、以下の解析を行った。図4の導体地板50は放射板12の鏡像を形成し、従って図2のアンテナと等価な動作をする。

【0011】(a) 放射板12状を流れる5GHzの高周波電流の分布を有限要素法により解析した結果、図5Aに示すように半円形放射板12の円周に沿った帯状領域に飛び飛びに電流密度が高い領域が生じ、半円形の中央領域に流れる電流は無視できる程度に少ないことがわかった。即ち、円弧帯状領域が放射に大きく寄与していることがわかった。

【0012】(b) 図4において、半円形放射板12の形状を、円も含めて一般に楕円と規定し、その互いに直交する第1及び第2半径 $L1, L2$ の大小関係によるVSWR特性への影響を次の3つの場合について測定した。

- (1) $L1=L2=75\text{ mm}$ (即ち半円の場合)
- (2) $L1=75\text{ mm}, L2=50\text{ mm}$ (即ち $L1>L2$)
- (3) $L1=40\text{ mm}, L2=75\text{ mm}$ (即ち $L1<L2$)

これら3つの場合のVSWRの測定結果を図5Bに実線5a、破線5b、太い破線5cでそれぞれ示す。 $L2$ を変化させると帯域下限周波数が変化する($L2$ が小さくなると帯域下限周波数は上昇する)が、半円を楕円に変化させてもVSWR特性に大きな変化は見られず、放射板12が完全な半円でなくてもよいということがわかった。

【0013】解析(a)の結果を利用し、半円形放射板の円弧帯状領域を残してそれより内側の半円形領域を切除

し、その切除した空間を他の型のアンテナ素子、電子部品、電子回路、などの配置に利用する。解析(b)の結果によれば、半円形放射板の形状を半円、半楕円のいずれにしても特性に大きな差異はない。このことは以下で述べるこの発明の実施例における円弧リボン状放射導体についても当てはまる。

【0014】第1実施例

図6は本発明の第1の実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、ほぼ半円形状の2まいの導体板（例えば銅板、アルミニウム板等）をそれより小さい同心状のほぼ半円部を切除して形成した弧状の放射板11a、11bにより構成される。弧状放射板11a、11bの外周は半円でも半楕円でもよいし、同様に内周（切り欠き）も半円でも半楕円でもよい。この2枚の放射板11a、11bはそれぞれの円弧の頂点部21a、21bが対向して配置され、この頂点部21a、21b間に給電部30が設けられる。2枚の放射板11a、11bにはそれぞれ、その半円形状の円の中心部にそれらと同心状にほぼ半円形状の切り欠き部41a、41bが設けられる。放射板11a、11bが半円形で、かつ切り欠き部41a、41bが例えば水平方向に長軸を有する半楕円の場合、放射板11a、11bの先端に向かって幅Wが漸次減少または増大する。垂直方向に長軸を有する場合はWは先端に向かって漸次増加する。このように切り欠き部41a、41bを設けることにより、それらの切り欠き部に他の素子を配置することが可能となり、従来の完全な半円形状の導体板を放射板として用いた構成に比較して、スペース効率を高めることができる。

【0015】図7乃至図9は図4の実施例のアンテナ装置における給電のための異なる構成例を示す。図7の構成では、同軸ケーブル31を放射板11bの中心線Oxに沿って配置する。これに対して図8の構成では、同軸ケーブル31を放射板11bの半円形の外周に沿って配置する。また、図9の構成では、給電のために平行2線33を用いる。いずれの場合にも、給電は2つの放射板11a、11bの頂点部21a、21b間で行う。

【0016】このアンテナ装置の性能を確かめるための実験を行った。図10はその実験に用いたアンテナ装置の三面図を示し、図11は実験により測定されたVSWR特性を示す。アンテナ装置としては、放射板11a、11bの外形がそれぞれ半径 $a=75\text{mm}$ の半円、切り欠き部41a、41bの形状がそれぞれ放射板11a、11bの外形と同心の半径 $b=55\text{mm}$ の半円とした。従って、放射板11a、11bのそれぞれの幅Wは $W=20\text{mm}$ である。給電は放射板11bの中心軸に沿って配置した同軸ケーブル31を用い、この同軸ケーブル31の中心導体を放射板11aの頂点部21aに、外皮導体はもう一方の放射板11bに接続した。得られたVSWR特性を図3に示した従来例の特性と比較すると、600MHzより高い周波数領域ではVSWRがほぼ2かそれより小さく抑えられており、放射板に切り欠き部を設け

ても、帯域特性は従来例とほぼ同等であることがわかる。このように切り欠き部を設けることで、この部分に回路装置や別の放射素子その他を設けることが可能となり、スペース効率の点で優れている。

【0017】第2実施例

図12は本発明の第2の実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、図1の従来例と同様にほぼ半円形の形状をした2枚の導体板をそれぞれの円弧の頂点及び中心線を互いに実質的に一致させて互いに直交するように組み合わせた構造のエレメントを2組備え、この2組のエレメントの一方の組を構成するそれぞれの導体板に、図6の実施例で説明したと同様な円弧状放射板を使用する。すなわち、一方の組のエレメントは、ほぼ半円形の形状をし中央部分が切り欠き部が設けられた2枚の放射板111a、112aが、円弧の頂点21aとこの頂点を通るそれぞれの中心線Oxとを一致させ、互いに直角に交差するように組み合わせて構成される。また、他方の組のエレメントも同様に、ほぼ半円形の形状をした2枚の放射板121b、122bが、外形の頂点とこの頂点を通るそれぞれの中心線とを一致させ、互いに直角に交差するように組み合わせて構成される。2組のエレメントはそれぞれを構成する放射板111a、112a及び121b、122bの円弧の頂点部21a、21bが対向するように配置され、この2組のエレメントの頂点部21a、21bを給電点とする。この例では、給電のために同軸ケーブル31を用い、この同軸ケーブル31の中心導体を放射板111a、112aの頂点部21aに接続し、外皮導体を放射板121b、122bの頂点部21bに接続している。給電方法として、同軸ケーブル31の代わりに平行2線その他を用いることもできる。

【0018】このような構成においても、図1に示した従来例と同様の広帯域特性が得られる。従って、第1の実施形態と同様に高いスペース効率が得られると共に、放射エレメントを複数の放射板から構成することで、水平面内の指向性を無指向性とすることができる。

第3実施例

図13は本発明の第3の実施形態を示す図であり、図6、7の実施例のダイポール型アンテナに対応するモノポール型アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、ほぼ半円形状の弧状帯導体板からなりその半円形状の円の中心部にほぼ半円形状の切り欠き部41が設けられた放射板11と、この放射板11の円弧の頂点部が近接して配置される平面導体地板50とを備える。放射板11の頂点部21を給電点とし、平面導体地板50とは同軸給電ケーブルの中心導体と外皮導体が接続される。平面導体地板50に設けられた貫通穴を通された同軸ケーブル31により給電される。すなわち、同軸ケーブル31は、中心導体が平面導体地板50の貫通穴を通して放射板11の頂点部に接続され、外皮

導体は平面導体地板50に接続される。

【0019】図13に示すような切り欠き部41の形状を半円放射板と同心円の半円形状ではなく、半楕円にして実験を行った。具体的には図13中の放射板の両端の幅 W_1 と給電点を通る幅 W_2 を変化させて、 $W_1=W_2$, $W_1>W_2$, $W_1<W_2$ の場合について測定を行った。図14に測定したパラメータとその時のVSWR特性を示す。半円形状の切り欠きの場合と比較して波線で示す半楕円の切り欠きの場合の方が1.5GHz近傍におけるVSWR値が悪いものの、全体としてVSWR特性に変化は見られず、切り欠き形状が半円に限らなくても良いという結果が得られた。また1.5GHz近傍におけるVSWR値の違いは、切り欠き面積が違うためである。

【0020】第4実施例

図15は本発明の第4の実施形態を示す図であり、図13の実施例においても1つの帯状弧状放射板112を放射板111と円弧の頂点と中心線を一致させ互いに直交して設けたアンテナ装置の構造を斜視図により示す。すなわち、ほぼ半円形の形状をし中央部分が切り欠き部41が設けられた2枚の放射板111、112が、外形の頂点21とこの頂点を通るそれぞれの中心線 O_x とを一致させ、互いに直角に交差するように組み合わせて1つのエレメントを構成し、このエレメントが、その頂点部を平面導体地板50に近接対向して配置される。このエレメントの頂点部21を給電点とし平面導体地板50との間に、平面導体地板50に設けられた貫通穴を通された、同軸ケーブル31により給電される。

【0021】図13及び15に示した第3及び第4の実施形態では、平面導体地板50を用いることで、放射板11又は111、112の電氣的鏡像が平面導体地板50を挟んだ裏側に形成される。このため、放射素子（放射板11又は111、112）がそれぞれ、第1、第2の実施形態に比べて半分で済み、同等の広帯域特性を実現しながら、アンテナ高を半分に抑ええることが可能となる。このようにアンテナ高を抑え、かつ放射板に切り欠き部41を設けることで、スペース効率のよいアンテナ装置を実現できる。

【0022】第5実施例

図16は本発明の第5の実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、図13の実施例の放射板の切り欠き部41内に半円形状とは異なる形状の放射素子をさらに設けたものである。すなわち、ほぼ半円弧帯状の導体板からなりその半円形状の円の中心部にほぼ半円形状の切り欠き部41が設けられられた放射板11と、この放射板11の円弧の頂点部が近接して配置される平面導体地板50と、放射板11の頂点部と平面導体地板50との間に設けられた給電点21に平面導体地板50に設けられた貫通穴を通して給電する同軸ケーブル31とを備え、更に放射板11の切り欠き部41内にはメアングモノポール61が配

置され、その一端である給電点が弧帯状放射板11の給電点に最も近い中央部に接続される。同軸ケーブル31の中心導体は平面導体地板50の貫通穴を通して放射板11の頂点部に接続され、外皮導体は平面導体地板50に接続される。メアングモノポール61は放射板11と一体形成され、メアングモノポール61への給電は放射板11を介して行われる。

【0023】この実施形態では、図13に示した構造の第1アンテナに、第2のアンテナとして第1のアンテナの最低共振周波数より低い周波数で共振するメアング形状アンテナが組み込まれた構造となっている。このメアング形状アンテナを構成するメアングモノポール61について詳しく説明する。メアングモノポール61は、電流の経路を放射板11の半円周よりも長くすることが可能なため、前述の実施形態のアンテナ装置における最低共振周波数よりも低い周波数で共振可能となる。このため、メアングモノポール61を組み込むことにより、前述の実施形態のアンテナ装置の帯域外でも共振させることができ、多共振が可能となる。特にメアングモノポール61の共振周波数を放射板11の共振周波数よりも低く設定することにより、大きさを変えることなく最低共振周波数を下げることができる。

【0024】第6実施例

図17は本発明の第6の実施形態を斜視図により示す図であり、図18及び図19はそのVSWR特性の測定結果を示す。図17に示すこのアンテナ装置は、図16の実施例において地板50の代わりに図2の従来例と同様に半円形の第2の放射板11bを設けてダイポール型アンテナとした場合である。すなわち、ほぼ半円弧帯形状の放射板11a、と半円状放射板11bを備え、この2枚の放射板11a、11bがそれぞれの円弧の頂点部21a、21bが給電点として対向して配置される。これら給電点21a、21bに、同軸ケーブル31が接続される。放射板11aの切り欠き部41にメアングモノポール61が配置され、その下端が半円弧帯の内周中央に一体に接続されている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板11aの頂点部21aに接続され、外皮導体は放射板11bに接続される。メアングモノポール61への給電は放射板11aを介して行われる。

【0025】ここで、放射板11aをその外形が半径 $a=75\text{mm}$ の半円、切り欠き部41の形状が放射板11aの外形と同心の半径 $b=55\text{mm}$ の半円、放射板11aの幅 W が $W=20\text{mm}$ となるように形成し、メアングモノポール61の共振周波数を280MHzとなるように調整して、このアンテナ装置のVSWR特性を測定した。この測定結果の全帯域を図18に、及びその0～2GHz帯域の拡大図を図19に示す。これらの図は、横軸の周波数のスケールが異なるだけで、同一のアンテナ装置に関する測定データである。

【0026】図18から、帯域及びVSWRについては、従来のアンテナ装置と同等の特性が得られていることがわ

かる。また、図19から、メアンダモノポール61を組み込んだことで280MHzでも共振していることがわかる。この測定結果から、アンテナ装置の大きさを変えずに多共振化を達成でき、さらに、最低共振周波数を下げることが可能であることがわかる。

【0027】図20乃至図22はそれぞれ図16に示した実施形態の変形例を示す。これらの例では、放射板11の切り欠き部41に組み込まれる放射素子としてそれぞれ、2つのメアンダモノポール611、612、2つのヘリカルアンテナ621、622及び抵抗装荷モノポール63が用いられる。切り欠き部41に組み込まれる放射素子としては、このような切り欠き部41に収まるものであれば他の形状のものでもよい。また、図20及び図21ではそれぞれ2つの素子を組み込んだ例を示しているが、この数に制限はない。組み込まれた放射素子への給電は、その放射素子を放射板11に接続することによりおこなわれる。

【0028】図20または図21に示したように放射板11の切り欠き部41に別の複数の放射素子を組み込んだ場合に、各々の放射素子の共振周波数を異なるものにしておけば、さらに多共振化が可能となる。また、図22に示す抵抗装荷モノポール63のような広帯域アンテナを用い、その共振周波数を半円形状の放射板11からなる半円導体モノポールアンテナより低く設定することにより、アンテナ装置を大型化せずに最低共振周波数を下げることができ、さらなる広帯域化が可能となる。

第7実施例

前述の各実施例では少なくとも1つのほぼ半円形放射板にそれより小さい形の半円形切り欠きを同心状に形成することにより、他の型のアンテナ素子、或いは回路素子などを切り欠き部に配置可能とするスペースを形成した場合を示したが、以下の実施例では少なくとも1つのほぼ半円形の放射板をほぼ円筒状に一回巻いた構造とすることにより、横方向の占有長を短くした場合のアンテナ装置の実施例を示す。

【0029】図23はこの発明の第7実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置はほぼ半円形の導体板を、その直線辺がほぼ円となるように円筒状に一回巻いた構造の放射板13aと、半円形の導体板で構成された放射板12bとを有している。これらの放射板13a、12bは中心線Oxを共有し、かつそれぞれの円弧の頂点部21a、21bが対向するように配置される。これらの頂点部21a、21bを給電点とし、それら間に給電部30が設けられる。

【0030】図2のアンテナ装置においては、2つの半円形導体板をそれぞれ、半円の頂点部を通る中心線（半円の半径）Oxが母線となる共通の円柱に一回巻いた構造の放射板13a、13bが設けられ、2つの半円形導体の円弧の頂点21a、21bが近接対向して配置され

る。つまり半円放射板の直線辺が円を形成するように一回巻いた構成としている。

【0031】このように、1つのアンテナ装置を構成する2つの放射板のうち、図23に示すように一方の放射板を円筒状に一回巻きして筒状放射板13aとしてもよいし、図24に示すように両方の放射板を円筒状に一回巻きして放射板13a、13bとしてもよい。いずれも、湾曲した放射板13a（図23）又は13a、13b（図24）の周方向両端は互いに接触しても、しなくても後述するようにVSWR特性に大きな違いはない。

【0032】図23、24の実施例では、円筒状に一回巻きされた放射板13a（図24では13bも）の周方向の両端は互いに接触しないように、これら間に小間隔10が設けられている。また円筒状放射板13aの中心線Oxと間隔10の中央とを結ぶ直線dと、放射板13aの中心線Oxとはほぼ直角が好ましい。また図24では、放射板13a、13bが共有する中心線Oxと間隔10を結ぶ各直線dはほぼ互いに平行が好ましい。放射板13a、13bはその展開状態で、同一大きさが好ましい。放射板13a又は13bに対する湾曲形状は円筒状のみならず、楕円筒状でもよく、つまりほぼ円筒状であればよい。

【0033】このように円筒状の導体板を放射板として用いることにより、従来の平板の導体板を放射板として用いた構成に比較して、少なくとも1つの放射素子の占有する横幅が従来例に比較してほぼ1/3ですみスペース効率を高めることができる。図25、図26および図27は図24に示したアンテナ装置に対する給電のための構成例を示してある。図25の構成では同軸ケーブル31を放射板13bの頂点を通る中心線Oxに沿って配置する。これに対し図26の構成では同軸ケーブル31を放射板13bの半円の円弧に沿って配置する。また図27の構成では給電のために平行2線33を用い、両放射板13a、13b間に配置する。いずれの場合も給電は2つの放射板13a、12b（又は13a、13b）の頂点部21a、21bを給電点としてそれら間で行う。

第8実施例2

図28はこの発明の第8実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、例えば図23、24、25などの実施例において、放射板12b、又は13bを設ける代わりに、図13と同様に平面導体板よりなる地板50が設けられ、モノポール型アンテナ装置とした場合である。即ち、放射板13は図25の場合と同様であり、ほぼ半円形状の導体板を、半円の円弧の頂点部を通る中心線Oxが円筒の中心軸と平行になるように円筒状に形成されており、この放射板13の円弧の頂点部21に近接し、これを通る前記中心線Oxとはほぼ垂直に配置される平面導体地板50を備える。放射板13の頂点部21を給電点とし、平面

導体板50との間に平面導体地板50に設けた貫通穴51を通された同軸ケーブル31から給電される。すなわち、同軸ケーブル31の中心導体は放射板13の頂点部21に接続しており、また外皮導体は平面導体板50に接続されている。

【0034】この第8実施形態は平面導体地板50により放射素子13の電氣的鏡像が、地板50をはさんだ裏側に形成される。そのため放射素子の数は第7実施形態(図23～27)の半分で済み、同等の広帯域特性を実現しながらアンテナ高を半分に抑えることが可能となる。このような構成にすることでアンテナ高を抑え、スペース効率の良いアンテナ装置が実現できる。

【0035】このアンテナ装置の性能を確かめるために実験を行った。図29A、29B、29Cはその実験に用いたアンテナ装置の正面図、平面図、右側面図をそれぞれ示し、図29Dは放射板13の展開図を示す。放射板13は図29Dで示す半径 $r=75\text{mm}$ の半円形状の導体板を、半円円弧の頂点を通る中心線 Ox を母線とする直径500mmの円柱に一回巻きしたものを用いている。また平面導体地板50は300mm×300mm、厚さ0.2mmの銅板を用いた。給電は平面導体地板50の中心部に設けた貫通穴51に通した給電ケーブル31により行われている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板13の頂点部21に接続され(図29C)、外皮導体は平面導体地板50に接続されている。

【0036】図30には実験により測定したVSWR特性を示す。得られたVSWR特性と図3に示す従来例の特性とを比較すると、放射板を円筒状に形成したこの発明のアンテナ装置の帯域特性は従来例と同等の広帯域特性を有し、しかもその帯域に渡ってVSWRの値は従来技術による値よりも小さな値となっている。即ちVSWR特性は図3に示す従来のものより改善されている。このように放射板を円筒状とし、平面導体地板を用いることで、アンテナ高が半分になり、放射板の占有する横幅が従来例に比較して1/3ですみ、スペース効率の点で優れたアンテナ装置となっており、しかもVSWR特性が改善されている。

【0037】図23～28の実施例では、放射板13は正円筒状の場合を示したが、楕円筒状に形成してもよい。図28に示すようにその楕円の2つの軸を中心線 Ox と直角に交わる軸 $L2$ と、その軸 $L2$ と直交する軸 $L1$ とし、次の3つの場合

(a) $L1=L2=50$ (円筒)

(b) $L1=33\text{mm}$ 、 $L2=60\text{mm}$ (即ち $L1>L2$ の楕円筒)

(c) $L1=60\text{mm}$ 、 $L2=33\text{mm}$ (即ち $L1<L2$ の楕円筒)

について測定したVSWR特性を図31中の実線31A、太線31B、細破線31Cにそれぞれ示す。図から明らかなように、円筒状放射板13を楕円筒に代えてもVSWR特性に大きな変化はなく、従って放射板13の湾曲は軸比 $L1/L2$ が約0.5～1.5の範囲で円筒だけでなく、楕円筒でもよいことを示している。このことは以下の全ての実

施例にも当てはまるし、放射板13a、13bのいずれにも当てはまる。

【0038】図23～28の実施例では、放射板13を円筒に一回巻きして両端がほぼ接触するように湾曲する場合を示したが、そのときの円柱の直径より大きい直径の円柱に一回未満巻いて図32に示すように両端間に隙間 d を形成するように湾曲させてもよい。この場合の円柱の直径 D が $D=48\text{mm}$ (形成される両端間の隙間 $d=1\text{mm}$)の場合と $D=6\text{mm}$ (隙間 $d=37\text{mm}$)の場合について測定したVSWR特性を図33に示し、実線33Aとは先33Bでそれぞれ示す。この場合もアンテナ装置の広帯域性は保たれている。隙間 d が大きくなるとVSWRが劣化するが、それでも図3の従来技術に比べてVSWR特性は優れている。

【0039】図32において $d=0$ とし、放射板13の両端を互いに半だ付けした場合と、ごくわずか(1mm程度)離して比接触とした場合のVSWR特性の測定結果をそれぞれ図34の破線34Aと実線34Bに示す。この図から明らかなように、湾曲された放射板13の両端が接触してもしなくてもVSWR特性にはほとんど影響せず、従って両端を強いて接触する必要はない。このことは他の全ての実施例にも当てはまる。

第9実施例

図35はこの発明の第9実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、図28の実施例における円筒状とされた放射板13に、例えば図13で示したと同様の切り欠き41を形成した場合であり、ほぼ半円形状の導体板の半円の中心部にほぼ半円形状の切り欠き部41を形成して得た半円形リボン状導体板(図36D参照)を、半円の円弧の頂点部を通る中心線 Ox が母線となる円柱に一回巻きして放射板14としている。つまりこの放射板14は、図28に示した放射板13の下側周縁(半円弧)の最下頂点部21から導体地板50と反対側(即ち上側)に離れた点より、放射板13をその下側周縁と平行に切断した円弧状リボン形状をしており、図28と同様にこの放射板14の円弧の最下頂点部21に近接して平面導体地板50が設けられている。

【0040】放射板14の頂点部21を給電点とし、平面導体地板50に形成された貫通穴51を通された同軸ケーブル31から給電される。即ち、同軸ケーブル31の中心導体は放射板14の給電点21に接続されており、また外皮導体は平面導体地板50に接続されている。このように放射板に切り欠き部41を設けることで、切り欠きのない半円形導体板を円筒状に巻いた第7もしくは第8実施形態に比較してスペース効率を更に高めることができる。前述のように円筒状に一回巻きされた放射板14のアンテナ電流はその下側円弧状周縁付近に分布して流れ、上側直線辺および中心部にはアンテナ電流が流れず、つまり電波の放射に寄与しないので、切

り欠き部41を形成してもアンテナとしての動作に影響しない。従って切り欠き部41の形状としては半円形（展開状態で）状に限らず、例えば半楕円状などとしてもよい。

【0041】このアンテナ装置の性能を確かめるために実験を行った。図36A、36B、36Cにはその実験に用いたアンテナ装置の正面図、平面図、右側面図をそれぞれ示し、図36Dには放射板14の展開図を示す。図37Aには実験により測定したVSWR特性を示す。アンテナ装置として放射板14は、半径 $r_1=75\text{mm}$ の半円形状の導体板に、外形と同心の半径 $r_2=55\text{mm}$ の半円の切り欠き部41を設けた導体板を、半円円弧の頂点21を通る中心線 O_x を母線とする直径50mmの円柱に一回巻きしたものをを用いている。また平面導体地板50は300mm×300mm、厚さ0.2mmの銅板を用いた。給電は平面導体地板50の中心部に形成した貫通穴51に通した給電ケーブル31により行われている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板14の頂点部21に接続され、外皮導体は平面導体地板50に接続されている。

【0042】得られたVSWR特性（図37A）を、切り欠き部41を持たない図29A～29Dに示すアンテナ装置のVSWR特性（図30）と比較すると、放射板に切り欠き部41を設けても広帯域性は従来例と同等であることがわかる。ただし5GHz以下でVSWRが劣化するが、図3の従来技術による特性と比べれば、低域側での劣化はみられず、むしろ広域側でのVSWRの改善が顕著である。このように放射板に切り欠き部41を設けることにより、この切り欠き部分に別形状のアンテナを組み込むことが可能となり、スペース効率の点で優れたアンテナ装置となっている。

【0043】半円形切り欠き部41の面積を変化させ、切り欠き部41がない場合の放射板14の面積に対する切り欠き部41の面積比率と動作帯域内における最悪VSWRとの関係を図37Bに示す。この図からVSWRが2まで許容される場合は、切り欠き部41は前記面積率で50%程度まで大きくすることができる。これは図36Dにおける半径比 r_2/r_1 で表すと約 $r_2/r_1=0.7$ であり、かなり大きな切り欠き部41を形成することができることを示している。

第10実施例

図38はこの発明の第10実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、放射板14の切り欠き部41に半円形リボン状素子とは異なる型の放射素子を備えている点が図35の第9実施形態と異なる。即ち、ほぼ半円形の導体板にその半円と同心にほぼ半円形状の切り欠き部41を形成し、その導体板を、円弧の頂点部21を通る中心線 O_x が母線となる円柱に一回巻きして円弧リボン状放射板14を形成する。その放射板14の円弧の頂点部21に近接して平面導体地板50が設けられる。放射板14の切り欠

き部41にはヘリカルアンテナ62が接続される。ヘリカルアンテナ62の軸心は平面導体地板50とほぼ垂直とされ、かつ円弧頂点部21の上側に位置している。同軸ケーブル31は平面導体地板50に形成された貫通穴51を通され、同軸ケーブル31の中心導体は放射素子14の頂点部21に接続され、また外皮導体は平面導体地板50に接続されて、放射板14の頂点部21を給電点として平面導体地板50との間に給電される。ヘリカルアンテナ62の給電は放射板14を介して行われる。この実施形態では図35に示した構造のアンテナに、第2のアンテナとしてヘリカル構造のアンテナが組み込まれた構造となっている。組み込む第2のアンテナの帯域は任意であるが、特に第1のアンテナの最低共振周波数よりも低い周波数帯に動作帯域を持つものを選べば、第2のアンテナを組み込むことにより図35に示す構造のアンテナ装置の多共振化が可能となる。さらに第2のアンテナとして図38の切り欠き部41に収まる大きさのアンテナを選ぶことにより、アンテナを大型化することなく最低共振周波数を下げることができる。

【0044】次に、このアンテナ装置の性能を確かめるために実験を行った。図39A、39B、39Cはその実験に用いたアンテナ装置の正面図、平面図、右側面図をそれぞれ示し、図39Dは放射板14の展開図を示す。図40および図41には実験により測定したVSWR特性を示す。ここで、図41は図40における横軸の周波数帯域0～1GHzを、横軸を拡大して示したものであり、同一のアンテナの測定データである。放射板14は、半径75mmの半円形状の導体板に、外形と同心の半径55mmの半円の切り欠き部41を設けた導体板を、半円円弧の頂点21を通る中心線を母線とする直径50mmの円柱に一回巻きして形成される。第2のアンテナ素子としては280MHzで動作するように調整されたヘリカルアンテナ62を切り欠き部41に設置し、ヘリカルアンテナの一端を放射板14の切り欠き部41の半円の頂点部21に接続している。また平面導体地板50は300mm×300mm、厚さ0.2mmの銅板を用いた。給電は平面導体地板50の中心部に設けた貫通穴51に通した給電ケーブル31により行われている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板14の頂点部21に接続され、外皮導体は平面導体地板50に接続されている。図40と第9実施例の実験結果である図37Aとを比較すると、切り欠き部41にヘリカルアンテナ62を組み込んでも同等の帯域特性が得られていることがわかる。また、図41よりヘリカルアンテナ62を組み込んだことにより280MHzでも共振が生じることがわかる。この測定結果からアンテナ装置の大きさを変えることなく多共振化を達成でき、さらに最低共振周波数を下げることが可能であることがわかる。

【0045】図42、43及び44はそれぞれ第10実施形態の変形例を示す。これらの例では放射板14の切り欠き部41に組み込まれる放射素子としてそれぞれ2つ

のヘリカルアンテナ621、622、2つのメアンダモノポール611、612及び抵抗装荷モノポール63が用いられる。切り欠き部41に組込まれる放射素子は、切り欠き部41に収まるものならば他の形式の物でもよい。また、この図42、43ではそれぞれ2つの放射素子を組込んだ例を示しているが、この数に制限は無い。組込まれた放射素子への給電は、組込まれた放射素子が放射板14と接続されていることにより行われる。

【0046】図42、43に示したように放射板14の切り欠き部41に別の放射素子を複数組込んだ場合、各々のアンテナの共振周波数を異なるものにしておけば、さらに多共振化が可能となる。また図44に示す抵抗装荷型モノポール63のように広帯域アンテナを用い、その共振周波数を、放射板14よりなる半円導体モノポールアンテナより低く設定することによりアンテナを大型化せずに最低共振周波数を下げることができ、さらなる広帯域化が可能となる。切り欠き部41に設ける放射素子と放射板14とはそのアンテナ動作が相互に影響しない程度に共振周波数、インピーダンスなどがずらされている。

【0047】

【発明の効果】以上述べたように、この発明の第1の観点のアンテナ装置は、半円形状の導体板からなる放射板に切り下記を設けることで、広帯域特性を維持しながらスペース効率を高めることができる。また、この切り欠き部に別の放射素子を組み込むことで、従来のアンテナ装置と同じ大きさで、より多共振、より広帯域のアンテナ装置または最低共振周波数の低いアンテナ装置を実現できる。

【0048】この発明の第2の観点によれば、半円形状放射板が円筒状に一回巻きされており、最大占有幅を削減することが可能であり、その円筒状とされた半円形放射板に切り欠き部を形成することで、更にスペース効率を高めることが可能となる。また、この切り欠き部に半円形放射板とは形状および動作帯域の異なるアンテナが組込まれることにより、従来のアンテナと比較して小型で広帯域および多共振のアンテナ装置、または最低共振周波数の低いアンテナ装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のアンテナ装置を示す斜視図。

【図2】図1のアンテナ装置の簡易化した構成例を示す斜視図。

【図3】図2に示すアンテナ装置のVSWR特性を示す図。

【図4】この発明の基礎となる解析を行ったアンテナの構成を示す図。

【図5】Aは図4の構成で解析された放射板上の電流密度分布を示す図、Bは図4の構成で放射板形状を変化させた場合のVSWR特性を示す図。

【図6】この発明の第1実施例を示す斜視図。

【図7】図6における給電の1形態を示す図。

【図8】図6における給電の他の形態を示す図。

【図9】図6における給電の更に他の形態を示す図。

【図10】Aは実験に用いた図6のアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは側面図。

【図11】測定されたVSWR特性を示す図。

【図12】この発明の第2実施例を示す斜視図。

【図13】この発明の第3実施例を示す斜視図。

【図14】図13のアンテナ装置のVSWR特性を示す図。

【図15】この発明の第4実施例を示す斜視図。

【図16】この発明の第5実施例を示す斜視図。

【図17】この発明の第6実施例を示す斜視図。

【図18】図17のアンテナ装置のVSWR特性を示す図。

【図19】図18における低周波領域拡大図。

【図20】図16に示した実施例の変形例を示す図。

【図21】図16に示した実施例の他の変形例を示す図。

【図22】図16に示した実施例の更に他の変形例を示す図。

【図23】この発明の第6実施形態の例を示す斜視図。

【図24】この発明の第6実施形態の他の例を示す斜視図。

【図25】この発明における給電のための構成例を示す斜視図。

【図26】この発明における給電のための他の構成例を示す斜視図。

【図27】この発明における給電のための更に他の構成例を示す斜視図。

【図28】この発明の第7実施形態を示す斜視図。

【図29】Aはこの発明の第7実施形態の実験に用いたアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは右側面図、Dは放射板13の展開図。

【図30】図29A～29Dのアンテナ装置の測定されたVSWR特性を示す図。

【図31】図28において楕円筒の軸長を変化させた場合のVSWR特性を示す図。

【図32】筒状に巻かれた半円形放射板の両端の間隔を説明するための図。

【図33】半円形放射板の円筒径を変えて両端間隔を変化させた場合のVSWR特性を示す図。

【図34】半円形放射板の両端を電気的に接続した場合と分離した場合のVSWR特性を示す図。

【図35】図35はこの発明の第8実施形態を示す斜視図。

【図36】Aはこの発明の第8実施形態の実験に用いたアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは右側面図、Dは放射板14の展開図。

【図37】Aは図36A～36Dのアンテナ装置の測定されたVSWR特性を示す図、Bは切り欠き部面積率と帯域内最悪VSWRとの関係例を示す図。

【図38】この発明の第9実施形態を示す斜視図。

【図39】Aは第10実施形態の実験に用いたアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは右側面図、Dは放射板14の展開図。

【図40】図39A~39Dのアンテナ装置の測定されたVSWR特性を示す図。

【図41】図40の中の低周波側を拡大表示した図。

【図42】第10実施形態の変形例を示す図。

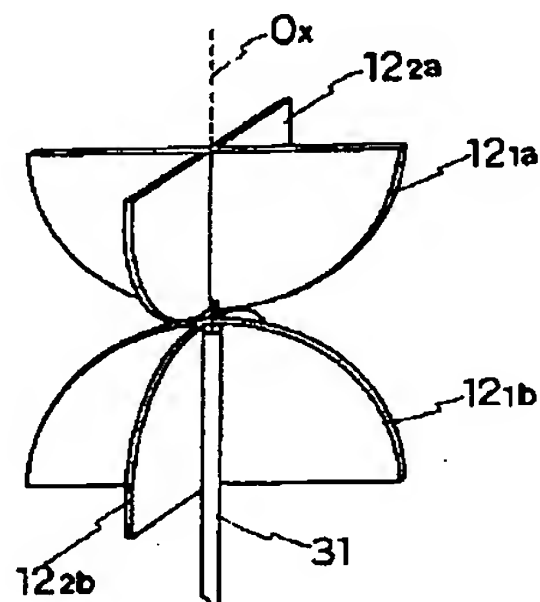
【図43】第10実施形態の他の変形例を示す図。

【図44】第10実施形態の更に他の変形例を示す図。

【図1】

FIG. 1

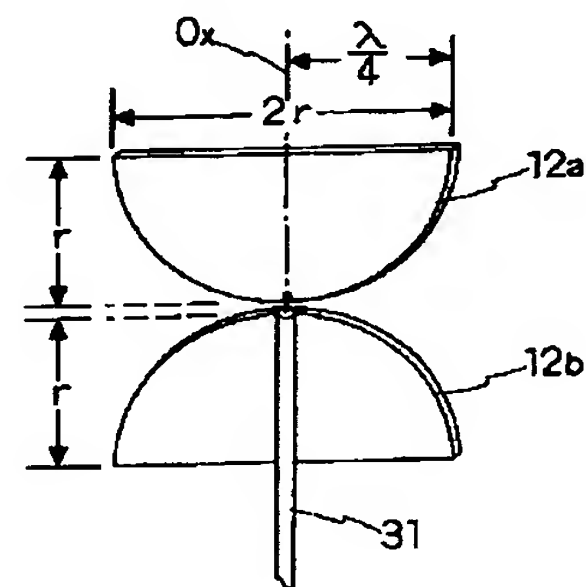
PRIOR ART



【図2】

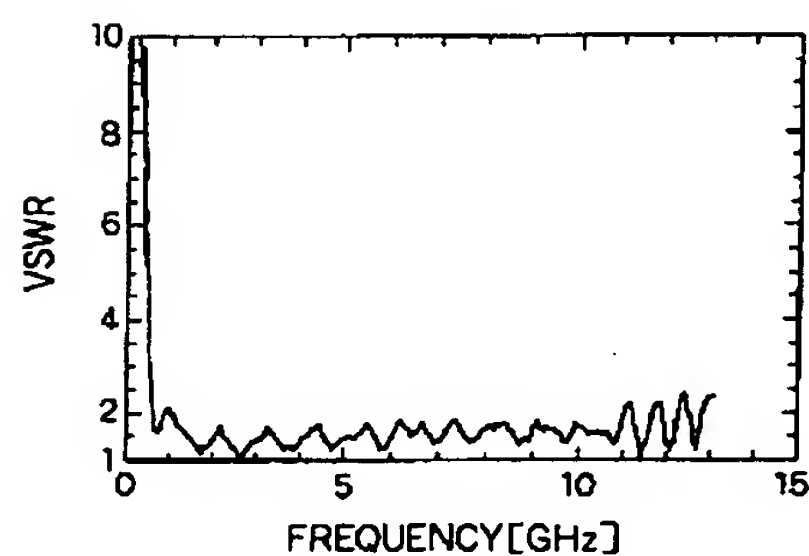
FIG. 2

PRIOR ART



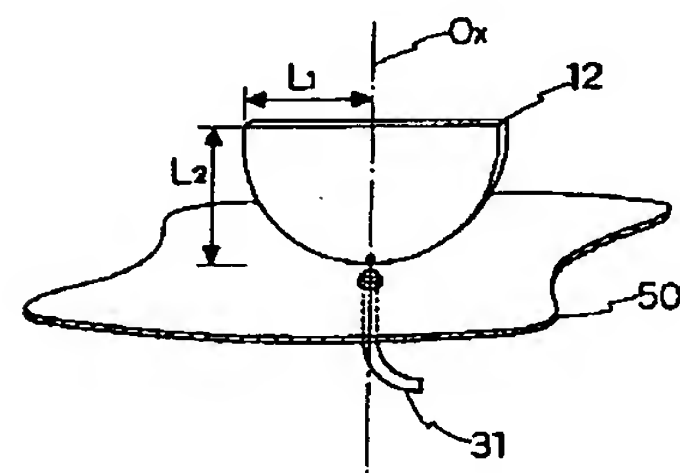
【図3】

FIG. 3



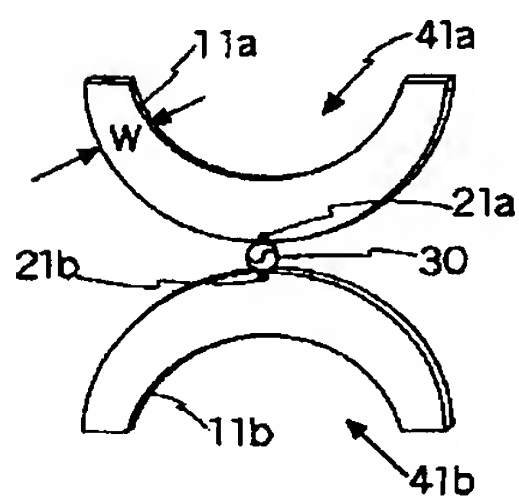
【図4】

FIG. 4



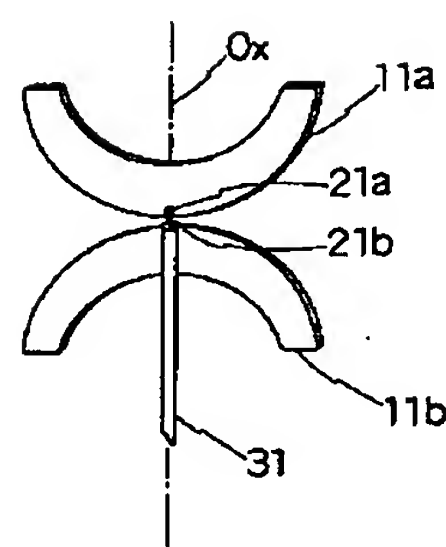
【図6】

FIG. 6



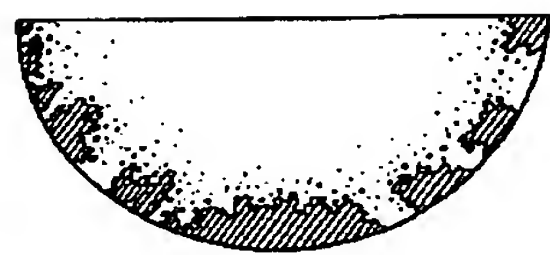
【図7】

FIG. 7



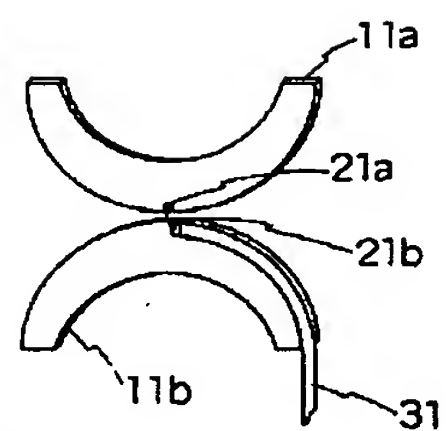
【図5】

FIG. 5A



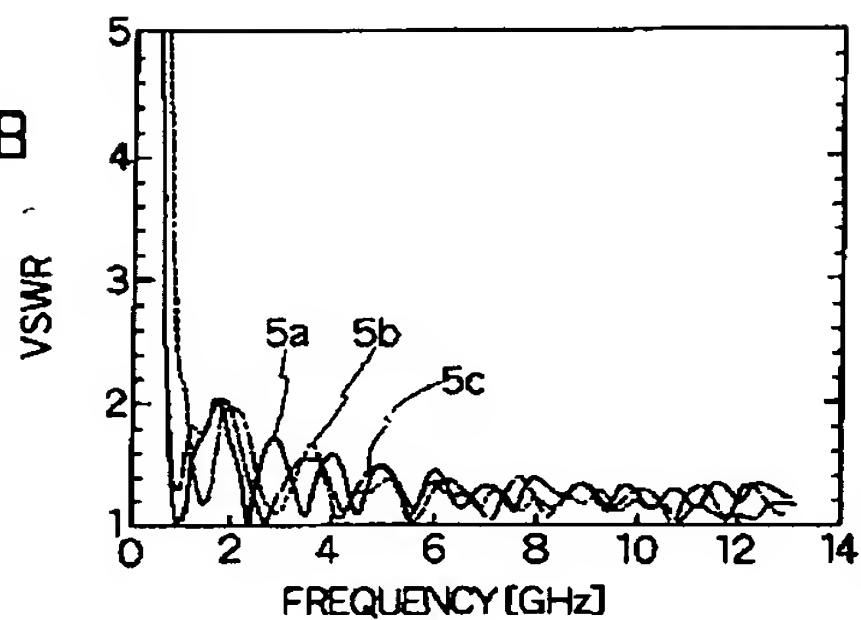
【図8】

FIG. 8



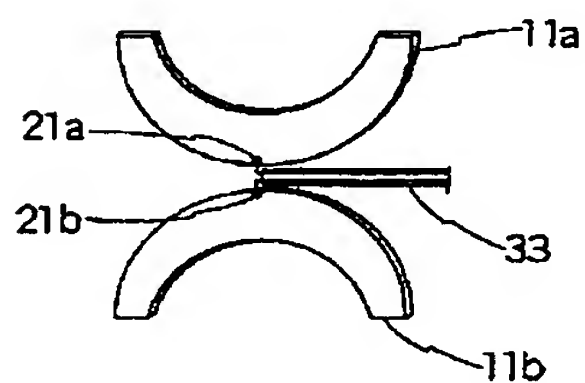
【図12】

FIG. 5B



【図9】

FIG. 9



【図13】

FIG. 13

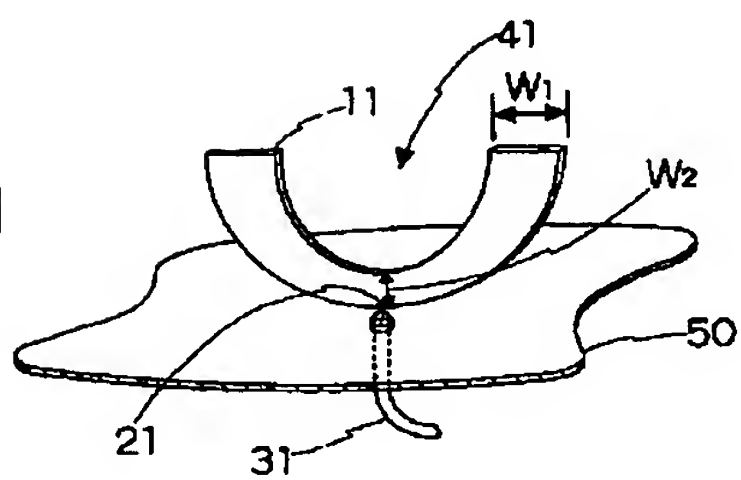
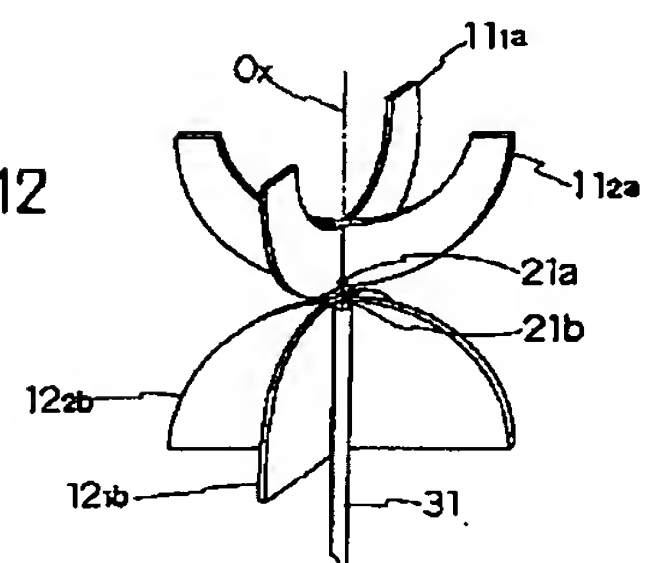


FIG. 12



【図10】

FIG. 10A

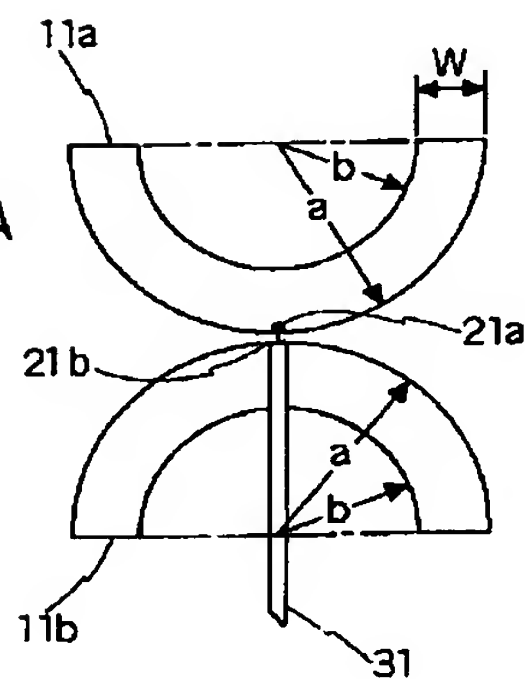
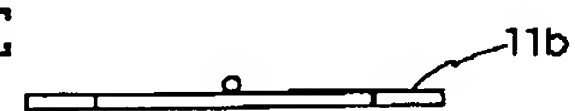
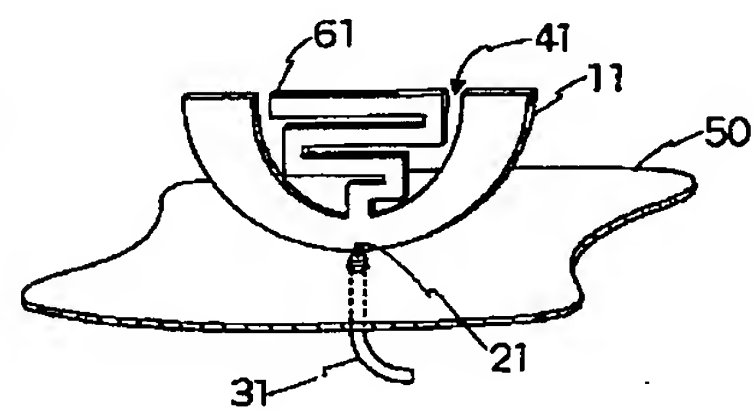


FIG. 10C

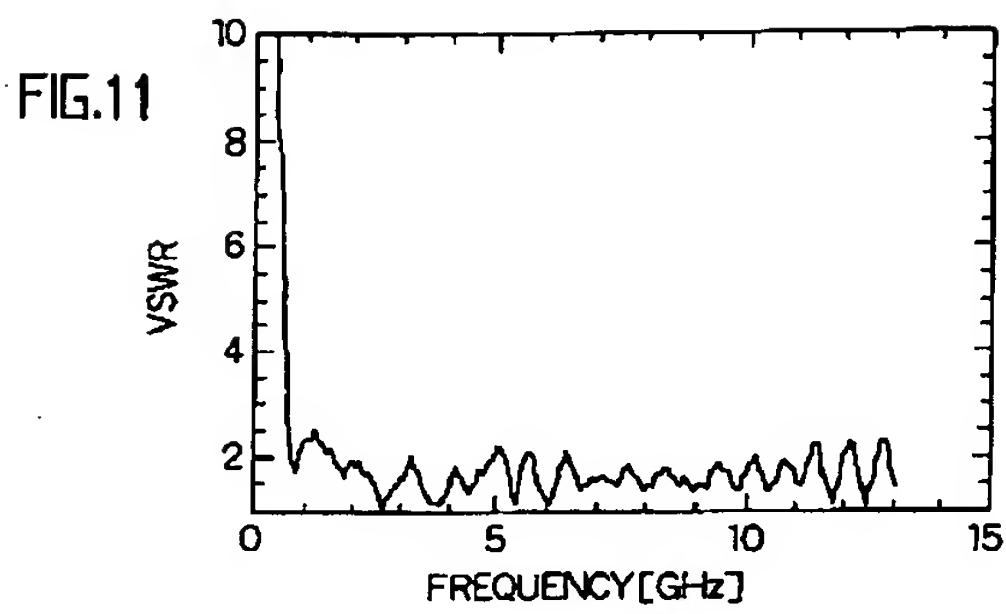


【図16】

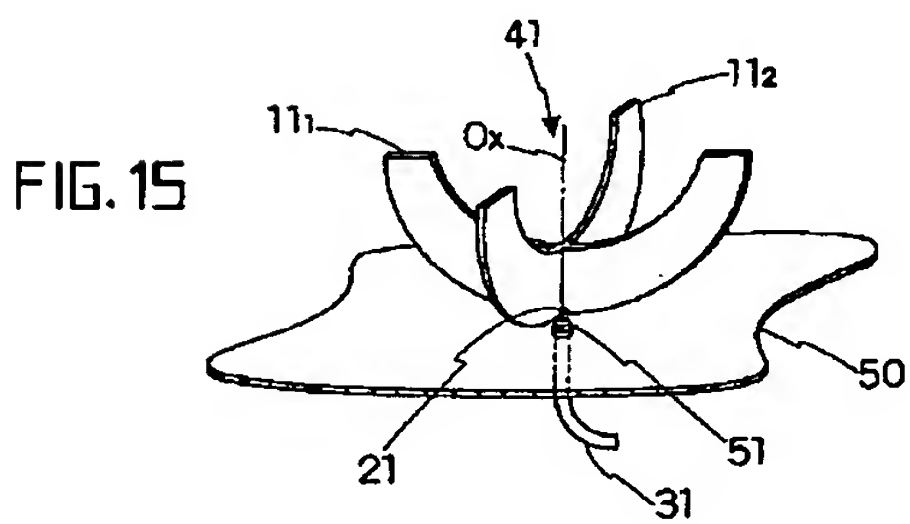
FIG. 16



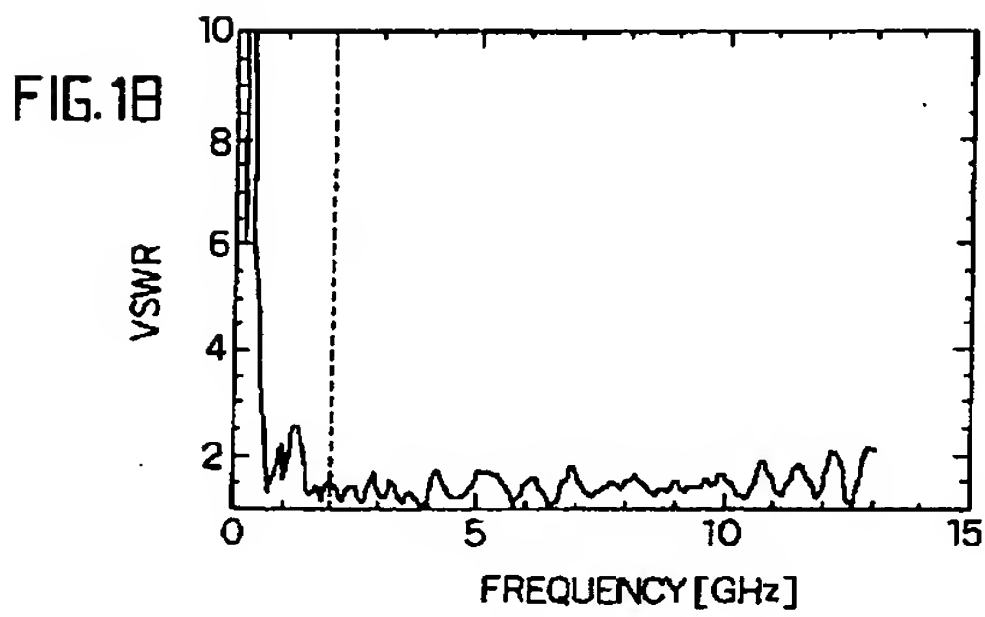
【図 1 1】



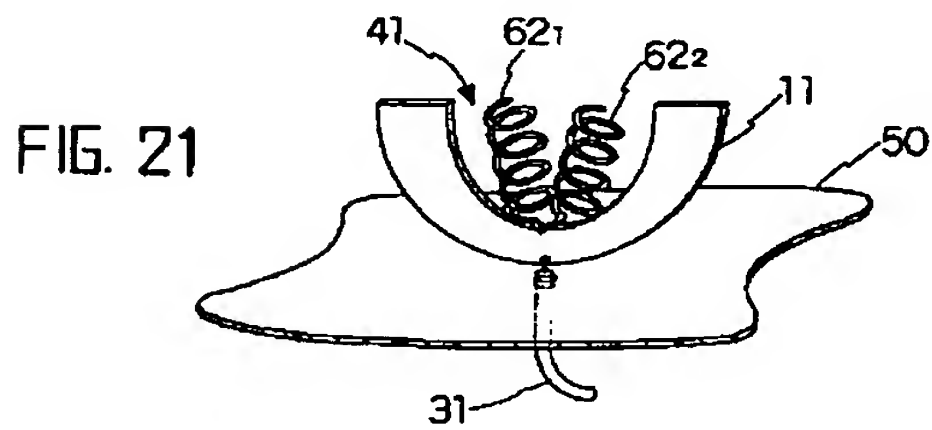
【図 1 5】



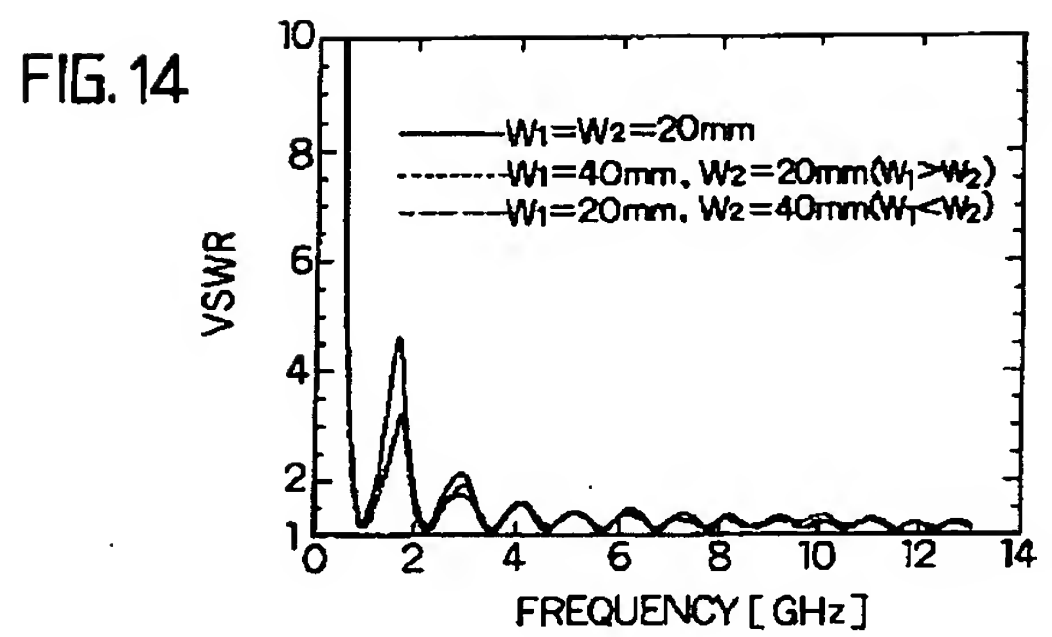
【図 1 8】



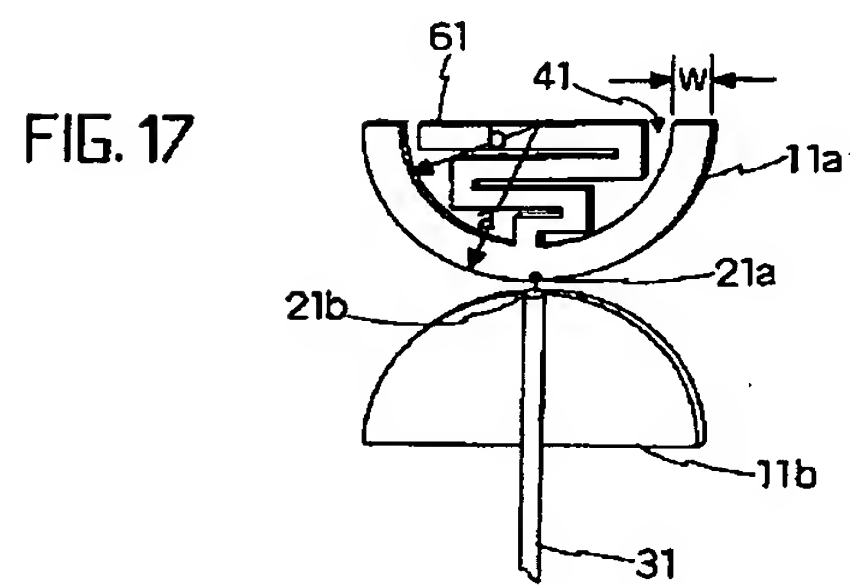
【図 2 1】



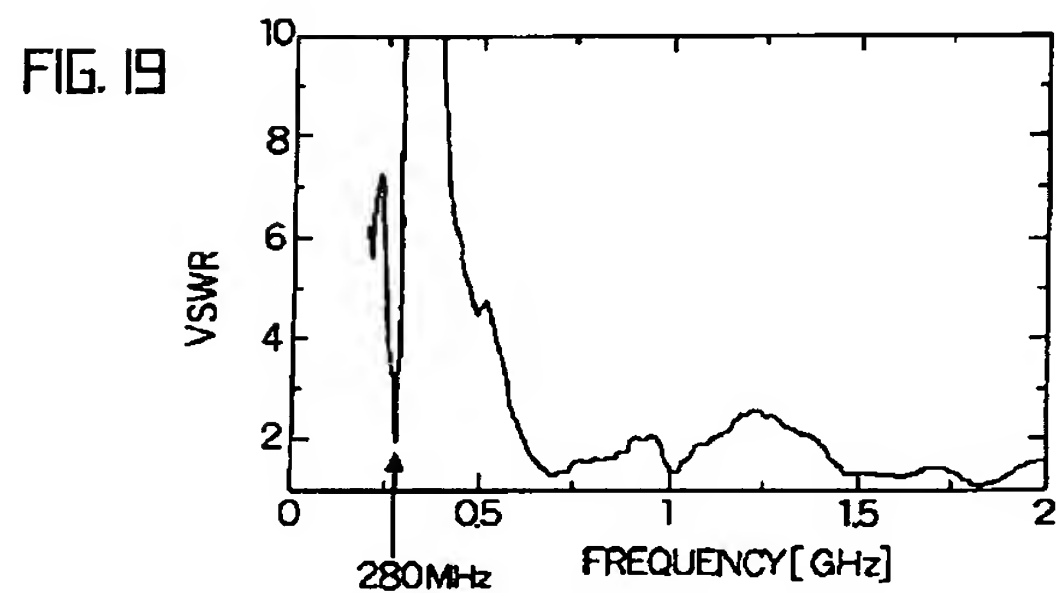
【図 1 4】



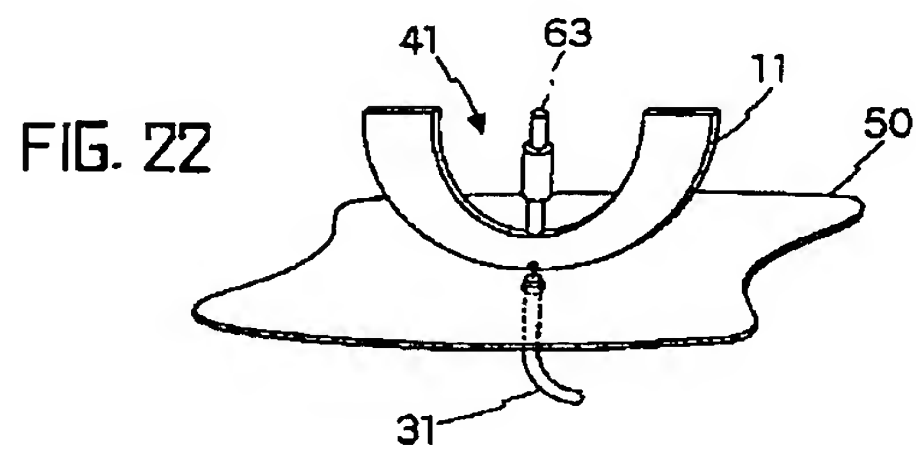
【図 1 7】



【図 1 9】

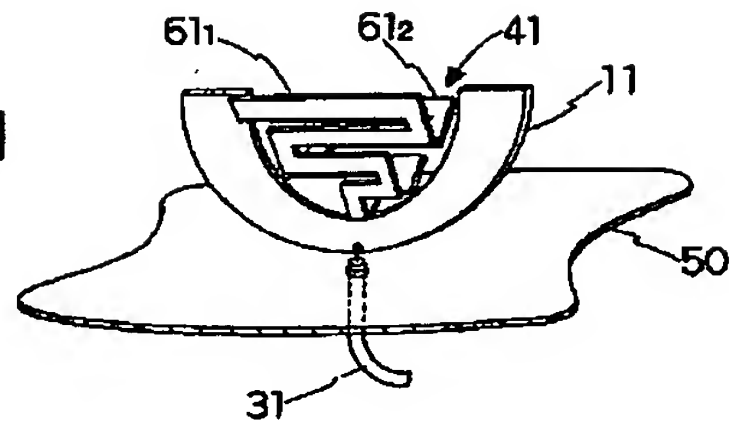


【図 2 2】



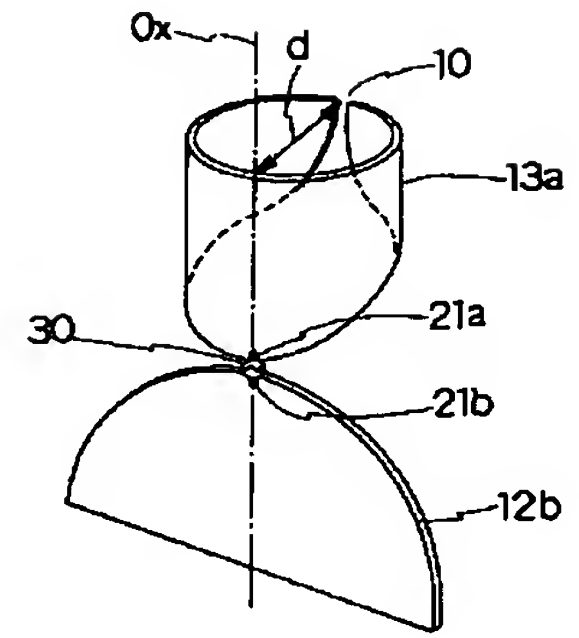
【図 20】

FIG. 20



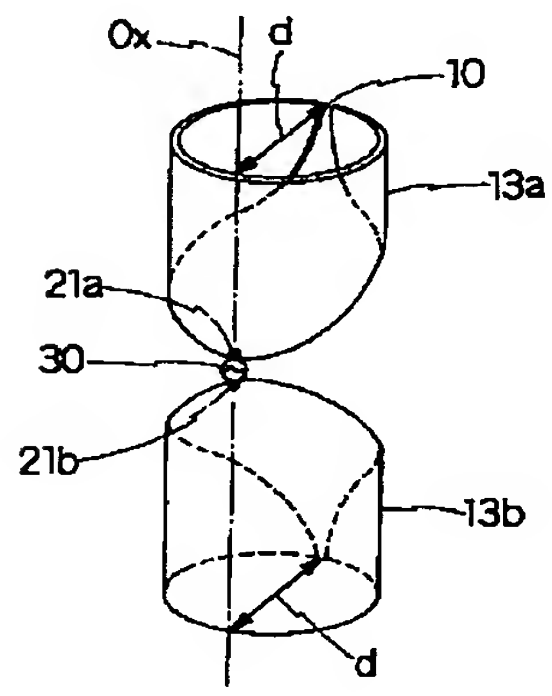
【図 23】

FIG. 23



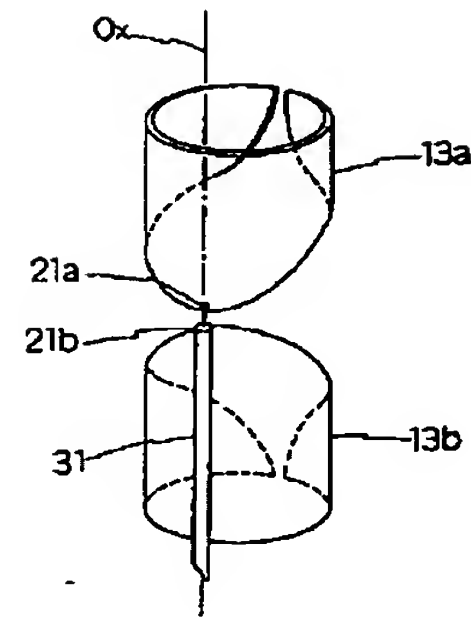
【図 24】

FIG. 24



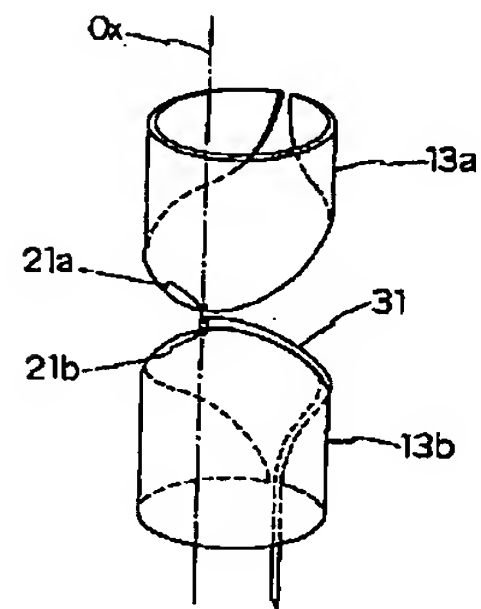
【図 25】

FIG. 25



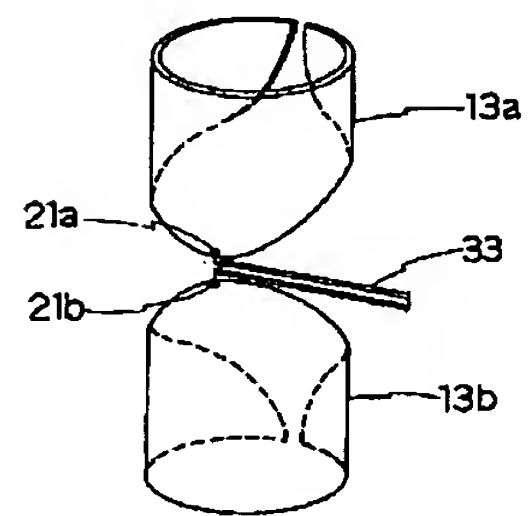
【図 26】

FIG. 26

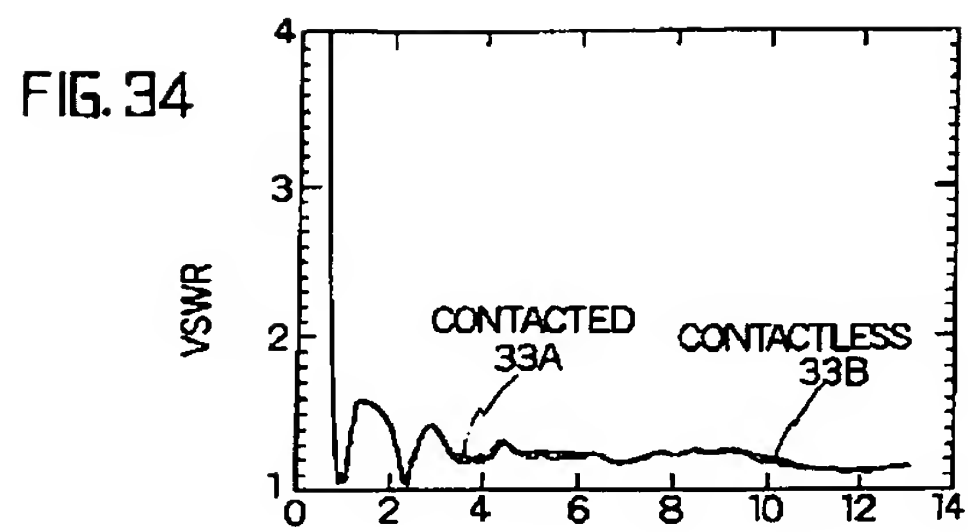


【図 27】

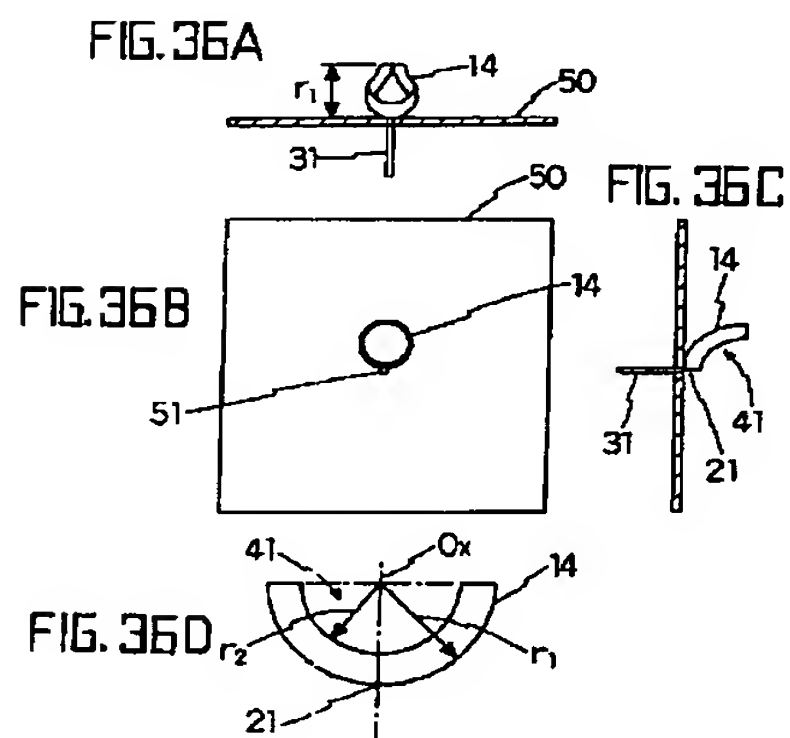
FIG. 27



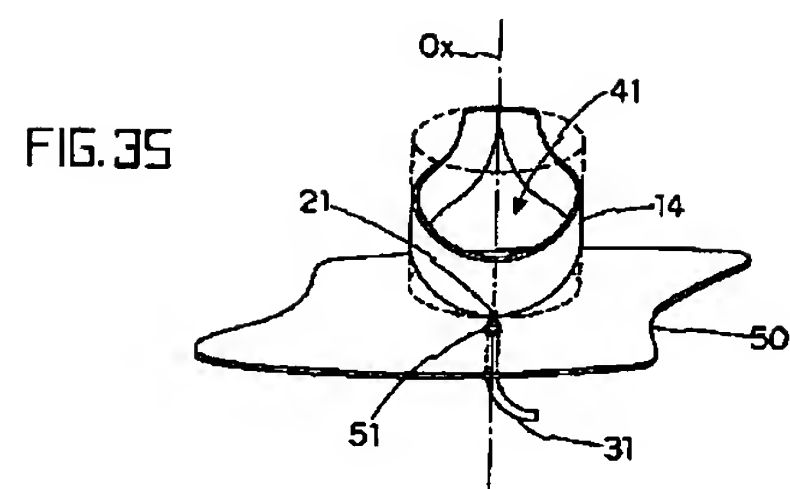
【図34】



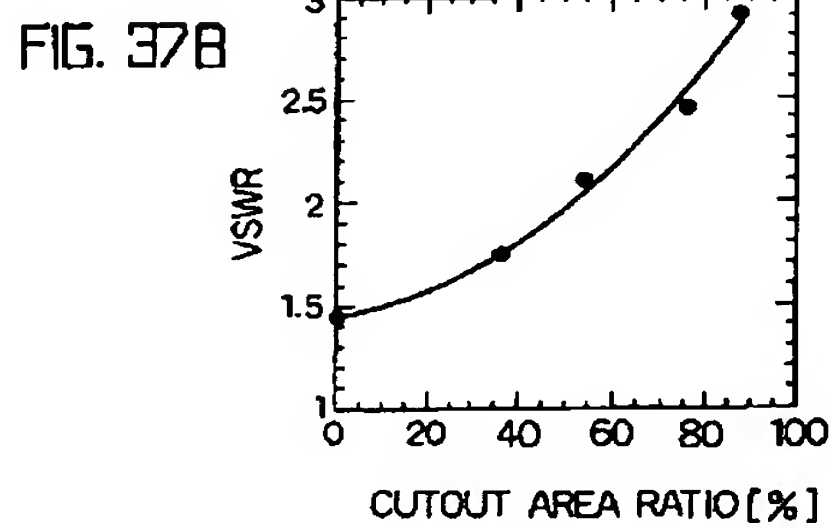
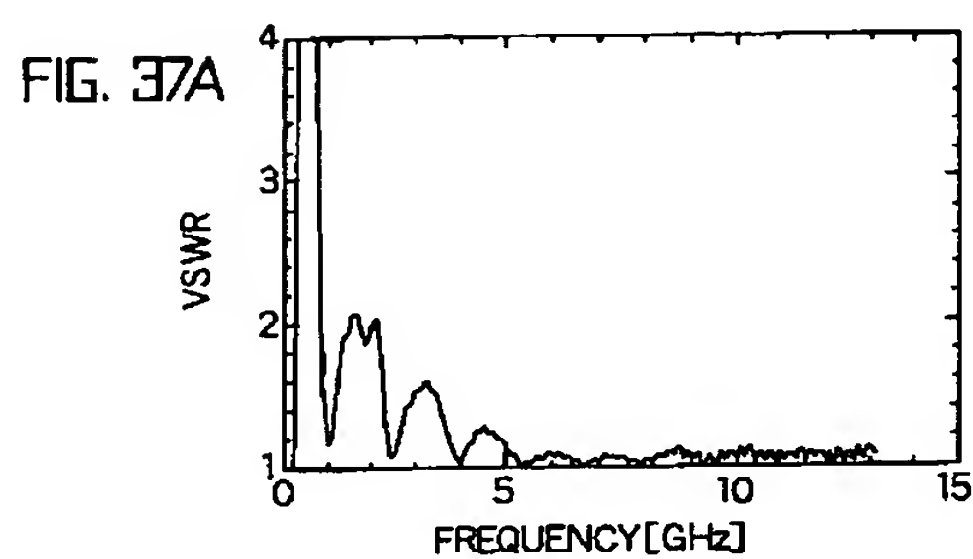
【図36】



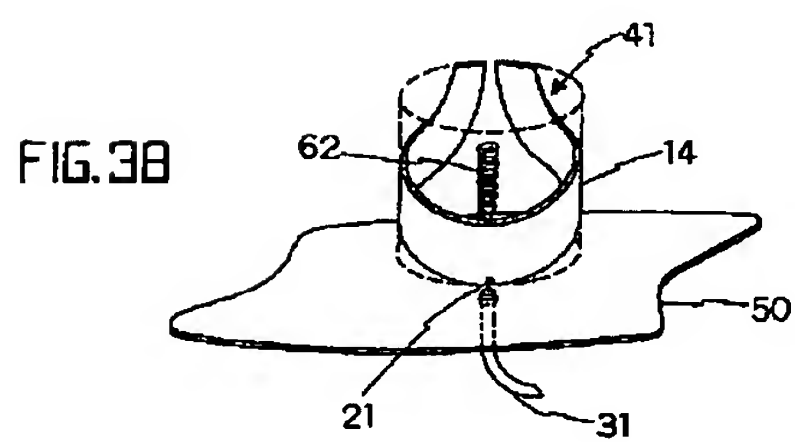
【図35】



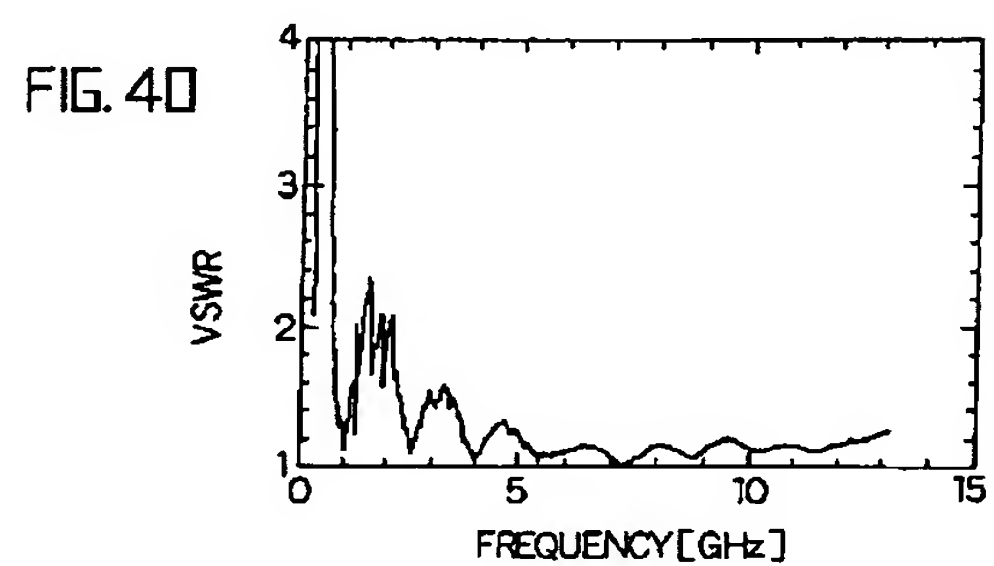
【図37】



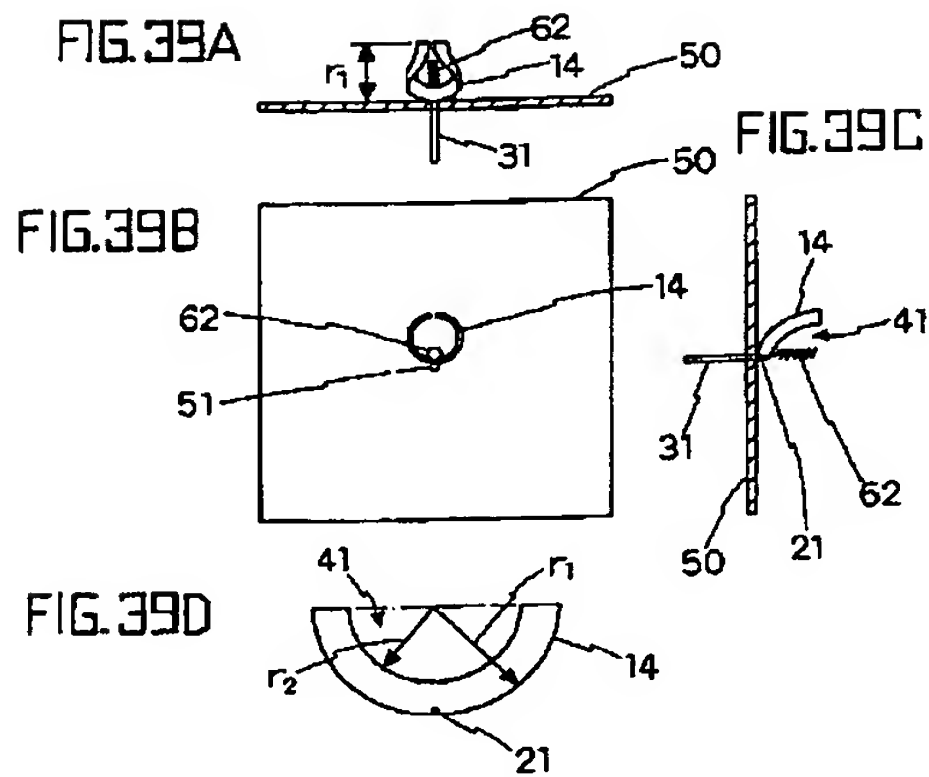
【図38】



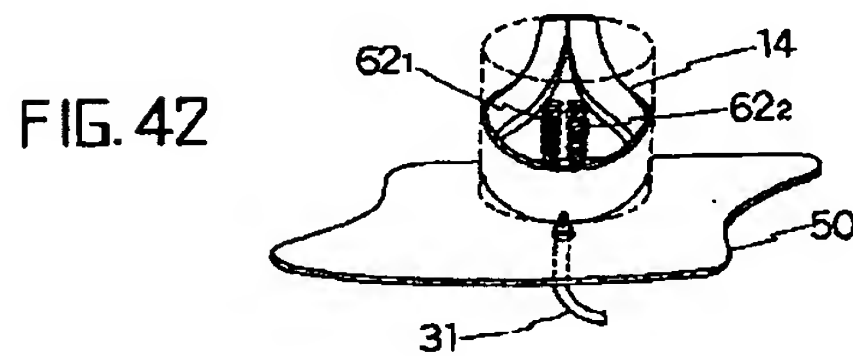
【図40】



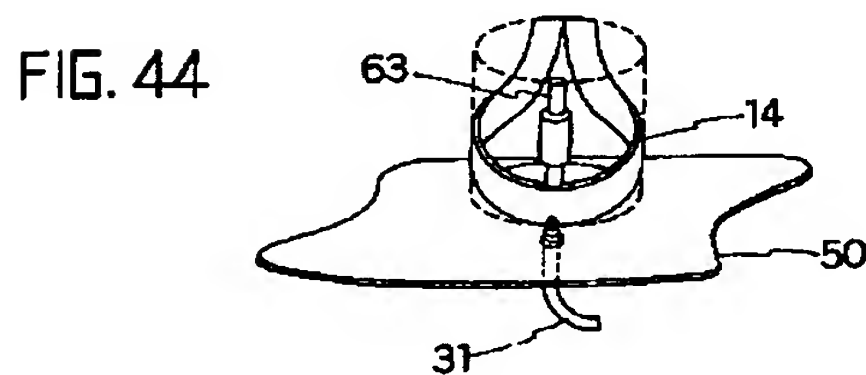
【図 3 9】



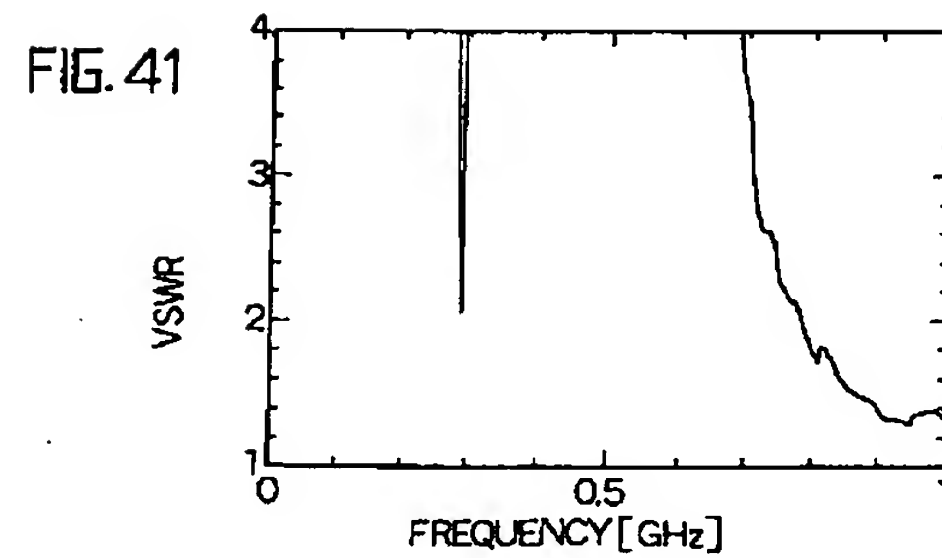
【図 4 2】



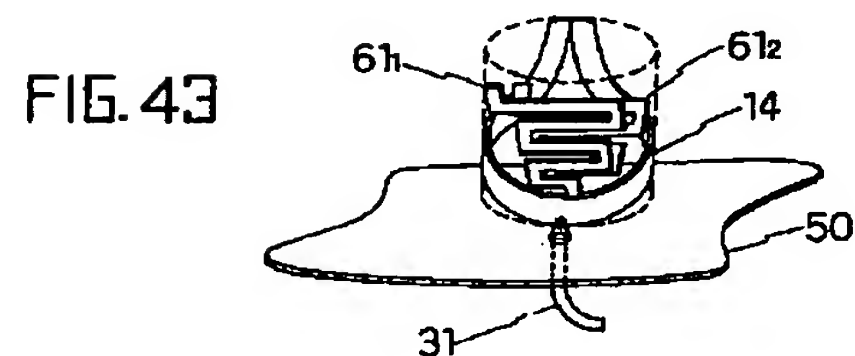
【図 4 4】



【図 4 1】



【図 4 3】



【手続補正書】

【提出日】平成 8 年 1 0 月 3 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】半円形放射板を使った広帯域アンテナ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ほぼ半円形の導体板からなる第 1 放射板と、上記第 1 放射板はその半円と同心状にほぼ半円形の切り欠きが形成されており、

上記放射板と直角にその半円弧と対向して配置された平面導体地板と、

上記放射板の半円弧の頂点部と上記平面導体地板とに接続され、それら間に給電するための給電線と、を含むアンテナ装置。

【請求項 2】 請求項 1 のアンテナ装置において、上記第 1 放射板とほぼ同一形状のもう 1 つの放射板が中心軸を共有して互いに交差して設けられている。

【請求項 3】 ほぼ半円形の切り欠き部が同心状に形成されたほぼ半円形の導体からなる第 1 放射板と、ほぼ半円形の導体板からなる第 2 放射板と、上記第 1 及び第 2 放射板はそれぞれの円弧の頂点部が対向して配置されており、

上記第1及び第2放射板の上記頂点部をそれぞれ給電点とし、それら間に給電するための給電線と、を含むアンテナ装置。

【請求項4】 請求項3のアンテナ装置において、上記第1放射板とほぼ同一形状を有し、上記第1放射板と上記円弧頂点をほぼ一致させ、中心軸を共有して互いに交差して設けられた第3放射板と、上記第2放射板とほぼ同一形状を有し、上記第2放射板と上記円弧頂点をほぼ一致させ、中心軸を共有して互いに交差して設けられた第4放射板と、を更に含む。

【請求項5】 請求項3のアンテナ装置において、上記第2放射板はその半円形とほぼ同心に形成された切り欠き部を有している。

【請求項6】 請求項1または3のアンテナ装置において、上記第1放射板の上記切り欠き部に、上記半円形放射板とは異なる型の少なくとも1つの放射素子が配置され、上記第1放射板の上記給電点近傍に接続されている。

【請求項7】 請求項6のアンテナ装置において、上記放射素子はメアング状モノポール、抵抗装荷モノポール及びヘリカルアンテナのいずれか1つを含む。

【請求項8】 ほぼ半円形状の導体板が円筒状に湾曲されて形成された放射板を少なくとも1つ有するアンテナ装置。

【請求項9】 請求項8のアンテナ装置において、上記放射板の半円弧の頂点部と対向し、上記円筒の母線とほぼ直角に配置された平面導体地板と、上記半円弧の頂点と上記平面導体地板に接続され、それら間に給電するための給電線とを更に含む。

【請求項10】 請求項8のアンテナ装置において、上記半円形の導体板と中心線を一致させ、上記放射板の半円弧と対向した弧状周縁を有するもう1つの放射板と、上記放射板の円弧頂点部と上記もう1つの放射板の円弧頂点部とに接続され、それら間に給電するための給電線とを含む。

【請求項11】 請求項10のアンテナ装置において、上記もう1つの放射板は半円形のもう1つの導体板よりなる。

【請求項12】 請求項10のアンテナ装置において、上記もう1つの放射板は半円形のもう1つの導体板をほぼ筒状に巻いて形成された筒状放射板である。

【請求項13】 請求項9または10のアンテナ装置において、上記放射板はその上記導体板の半円形とほぼ同心に形成されたほぼ半円形の切り欠き部を有す。

【請求項14】 請求項13のアンテナ装置において、上記切り欠き部に少なくとも1つの上記半円形の放射導体と型の異なる放射素子とその筒状に湾曲された導体板に取付けられている。

【請求項15】 請求項14のアンテナ装置において、上記放射素子はメアング状モノポール、抵抗装荷モノポ

ールおよびヘリカルアンテナから選ばれた少なくとも1つのアンテナ素子を含む。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は例えば0.5～13GHzのような広帯域でかつ小形に構成可能なアンテナ装置に関し、特に半円形、又は半円リボン状放射板を使ったアンテナ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の広帯域アンテナの例として文献、R.M.Taylor., "A Broadband Omnidirectional Antenna," IEEE AP-S International Symposium, 1994, p1294. に半円形導体板を用いたアンテナ装置が示されている。その構成例を図1に示す。このアンテナ装置は2つのエレメントを備えている。一方のエレメントは2枚の半円形の導体板12_{1a}, 12_{2a}から構成されており、この2枚の導体板12_{1a}, 12_{2a}は各々の半円円弧の頂点を通る中心線O_xを互いに一致させ、かつ互いに直角に交わるように組合わせた構成をしている。もう片方のエレメントも同様に半円形の導体板12_{1b}, 12_{2b}を、各々の半円円弧の頂点O_xを通る中心線を互いに一致させ、かつ互いに直角に交わるように組合わせた構成をしている。この2つのエレメントは各々の円弧の頂点が対向するように配置される。給電部はこの2つのエレメントの円弧の頂点間に設置されており、給電のための同軸ケーブル31が一方のエレメントの中心部にその外皮導体がエレメントに接して配置される。

【0003】 図2は図1に示したアンテナ装置を簡略化した構成例を示す。この簡略型のアンテナ装置は、半円形の導体板12a, 12bを備えている。導体板12a, 12bは各々の半円円弧の頂点が対向するよう配置されている。給電部はこの2つの導体板12a, 12bの頂点間に設けられ、導体板12bに設置された同軸ケーブル31により給電される構成となっている。

【0004】 図3は図2に示したアンテナ装置のVSWR特性を示す。この図に示すように簡略化したアンテナ装置においても広帯域特性を持つことがわかる。この特性は放射板12a, 12bの半円形状の半径rをr=6cmとして得られた。VSWR<2.0となる下限帯域は600MHzとなっている。この時の下限周波数の波長λは約50cmであるので、そのおよそ(1/8)λが半径rの長さとして必要ことがわかる。図1のアンテナ装置の放射特性は中心線O_xに直角な平面内で無指向性であり、他方、図2のアンテナ装置の放射特性は下限周波数からそのほぼ2倍の周波数までは無指向性であり、それより高い周波数領域では中心線O_xに直角な平面内で放射板12aと同一方向に強い指向性を有している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このように、図1の従来のアンテナ装置は2枚の扇状放射板が交差して組み合

わされた形状のアンテナ素子が上下2組設けられているため大きな占有空間を必要とし、図2の簡易型アンテナ装置においても扇状半円形放射板は大きな占有面積を必要とする。また、その大きさについても少なくとも最低共振波長の1/8 波長程度の半径を持つ半円形導体板を必要とし、簡易型でも縦横 $2r \times 2r$ 、すなわち $(1/4)\lambda \times (1/4)\lambda$ のアンテナ面積が必要となる。従って、従来のアンテナ装置は体積、面積に大きなスペースを必要とし、また下限周波数を下げようとすると、その下限周波数に反比例してアンテナ装置が大型化する欠点があった。

【0006】この発明の目的は、このような課題を解決し、従来と同等の電気的特性でより小型のアンテナ装置、又は従来よりも小型でしかも従来より低い最低共振周波数の得られるアンテナ装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の第1の観点によるアンテナ装置は、放射板としての半円形状の導体板の中心部に、ほぼ半円形の切り欠き部を形成していることを特徴としている。この切り欠き部を有する放射板と直角な面に、その円弧頂点と対向して平面導体地板を設け、その円弧頂点を給電点とし、上記地板との間に給電するように構成するか、又は上記放射板とほぼ同じ半円形のもう1つの放射板を、それらの放射板の円弧頂点が対向するように設け、それらの円弧頂点を給電点としてそれら間に給電するように構成する。

【0008】上記半円形放射板の半円形切り欠き部に、半円形型とは異なる少なくとも1つの放射素子を配置し、給電点近くに接続してもよい。この発明の第2の観点によるアンテナ装置は、放射板としての半円形の導体板が円筒状に折り曲げられていることを特徴とする。この第2の観点によるアンテナ装置において、円弧頂点と対向し、円筒軸と直角な平面導体地板を設け、上記円弧頂点を給電点とし、平面導体地板との間に給電する構成とするか、又は上記円筒状放射板の円弧頂点と対向する円弧頂点を有するもう1つの半円形放射板を上記円筒軸と平行に設け、それら円弧頂点を給電点とし、それら間に給電するように構成してもよい。

【0009】また上記第2の観点のアンテナ装置において、円筒を形成する半円形放射板に半円形切り欠き部を形成した場合は、その切り欠き部に半円形型とは異なる放射素子を少なくとも1つ配置して給電点近くに接続してもよい。この発明の第1及び第2の観点によるアンテナ装置によれば、半円形放射板に切り欠きを形成し及び／又は半円形放射板を円筒状に形成することにより、アンテナ素子の占有空間を削減でき、かつ従来と同等の広帯域特性を維持しつつ、しかもVSWR特性を改善することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】この発明の実施例を説明する前

に、図1に示したダイポール型アンテナの1つの放射素子である半円形放射板と、鏡像面として作用する平面導体地板とにより構成し、図1のアンテナと等価な動作をするモノポール型アンテナについてまず検討する。即ち、図4に示すように平面導体地板50状に半円形放射板11をその円弧頂点21が地板50と近接対向するように垂直に配置し、半円形放射板12の円弧頂点と地板50に同軸給電ケーブルの中心導体と外皮導体をそれぞれ接続してアンテナを構成し、以下の解析を行った。図4の導体地板50は放射板12の鏡像を形成し、従って図2のアンテナと等価な動作をする。

【0011】(a) 放射板12状を流れる5GHzの高周波電流の分布を有限要素法により解析した結果、図5Aに示すように半円形放射板12の円周に沿った帯状領域に飛び飛びに電流密度が高い領域が生じ、半円形の中央領域に流れる電流は無視できる程度に少ないことがわかった。即ち、円弧帯状領域が放射に大きく寄与していることがわかった。

【0012】(b) 図4において、半円形放射板12の形状を、円も含めて一般に楕円と規定し、その互いに直交する第1及び第2半径 L_1 、 L_2 の大小関係によるVSWR特性への影響を次の3つの場合について測定した。

(1) $L_1=L_2=75\text{mm}$ (即ち半円の場合)

(2) $L_1=75\text{mm}$ 、 $L_2=50\text{mm}$ (即ち $L_1>L_2$)

(3) $L_1=40\text{mm}$ 、 $L_2=75\text{mm}$ (即ち $L_1<L_2$)

これら3つの場合のVSWRの測定結果を図5Bに実線5a、破線5b、太い破線5cでそれぞれ示す。 L_2 を変化させると帯域下限周波数が変化する(L_2 が小さくなると帯域下限周波数は上昇する)が、半円を楕円に変化させてもVSWR特性に大きな変化は見られず、放射板12が完全な半円でなくてもよいということがわかった。

【0013】解析(a)の結果を利用し、半円形放射板の円弧帯状領域を残してそれより内側の半円形領域を切除し、その切除した空間を他の型のアンテナ素子、電子部品、電子回路、などの配置に利用する。解析(b)の結果によれば、半円形放射板の形状を半円、半楕円のいずれにしても特性に大きな差異はない。このことは以下で述べるこの発明の実施例における円弧リボン状放射導体についても当てはまる。

【0014】第1実施例

図6は本発明の第1の実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、ほぼ半円形状の2枚の導体板(例えば銅板、アルミニウム板等)をそれより小さい同心状のほぼ半円部を切除して形成した弧状の放射板11a、11bにより構成される。弧状放射板11a、11bの外周は半円でも半楕円でもよいし、同様に内周(切り欠き)も半円でも半楕円でもよい。この2枚の放射板11a、11bはそれぞれの円弧の頂点部21a、21bが対向して配置され、この頂点部21a、21b間に給電部30が設けられる。2枚の放射板11a、11bには

それぞれ、その半円形状の円の中心部にそれらと同心状にほぼ半円形状の切り欠き部41a, 41b が設けられる。放射板11a, 11b が半円形で、かつ切り欠き部41a, 41b が例えば水平方向に長軸を有する半楕円の場合、放射板11a, 11b の先端に向かって幅Wが漸次減少または増大する。垂直方向に長軸を有する場合はWは先端に向かって漸次増加する。このように切り欠き部41a, 41b を設けることにより、それらの切り欠き部に他の素子を配置することが可能となり、従来の完全な半円形状の導体板を放射板として用いた構成に比較して、スペース効率を高めることができる。

【0015】図7乃至図9は図4の実施例のアンテナ装置における給電のための異なる構成例を示す。図7の構成では、同軸ケーブル31を放射板11b の中心線Oxに沿って配置する。これに対して図8の構成では、同軸ケーブル31を放射板11b の半円形の外周に沿って配置する。また、図9の構成では、給電のために平行2線33を用いる。いずれの場合にも、給電は2つの放射板11a, 11b の頂点部21a, 21b間で行う。

【0016】このアンテナ装置の性能を確かめるための実験を行った。図10はその実験に用いたアンテナ装置の三面図を示し、図11は実験により測定されたVSWR特性を示す。アンテナ装置としては、放射板11a, 11b の外形がそれぞれ半径 $a = 75\text{mm}$ の半円、切り欠き部41a, 41b の形状がそれぞれ放射板11a, 11b の外形と同心の半径 $b = 55\text{mm}$ の半円とした。従って、放射板11a, 11b のそれぞれの幅Wは $W = 20\text{mm}$ である。給電は放射板11b の中心軸に沿って配置した同軸ケーブル31を用い、この同軸ケーブル31の中心導体を放射板11a の頂点部21a に、外皮導体はもう一方の放射板11b に接続した。得られたVSWR特性を図3に示した従来例の特性と比較すると、600MHzより高い周波数領域ではVSWRがほぼ2かそれより小さく抑えられており、放射板に切り欠き部を設けても、帯域特性は従来例とほぼ同等であることがわかる。このように切り欠き部を設けることで、この部分に回路装置や別の放射素子その他を設けることが可能となり、スペース効率の点で優れている。

【0017】第2実施例

図12は本発明の第2の実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、図1の従来例と同様にほぼ半円形の形状をした2枚の導体板をそれぞれの円弧の頂点及び中心線を互いに実質的に一致させて互いに直角に交差するように組み合わせた構造の要素を2組備え、この2組の要素の一方の組をを構成するそれぞれの導体板に、図6の実施例で説明したと同様な円弧状放射板を使用する。すなわち、一方の組の要素は、ほぼ半円形の形状をし中央部分が切り欠き部が設けられた2枚の放射板11_{1a}, 11_{2a}が、円弧の頂点21a とこの頂点を通るそれぞれの中心線Ox とを一致させ、互いに直角に交差するように組み

合わせて構成される。また、他方の組の要素も同様に、ほぼ半円形の形状をした2枚の放射板12_{1b}, 12_{2b}が、外形の頂点とこの頂点を通るそれぞれの中心線とを一致させ、互いに直角に交差するように組み合わせて構成される。2組の要素はそれぞれを構成する放射板11_{1a}, 11_{2a}及び12_{1b}, 12_{2b}の円弧の頂点部21a, 21bが対向するように配置され、この2組の要素の頂点部21a, 21bを給電点とする。この例では、給電のために同軸ケーブル31を用い、この同軸ケーブル31の中心導体を放射板11_{1a}, 11_{2a}の頂点部21a に接続し、外皮導体を放射板12_{1b}, 12_{2b}の頂点部21b に接続している。給電方法として、同軸ケーブル31の代わりに平行2線その他を用いることもできる。

【0018】このような構成においても、図1に示した従来例と同様の広帯域特性が得られる。従って、第1の実施形態と同様に高いスペース効率が得られると共に、放射要素を複数の放射板から構成することで、水平面内の指向性を無指向性とすることができる。

第3実施例

図13は本発明の第3の実施形態を示す図であり、図6、7の実施例のダイポール型アンテナに対応するモノポール型アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、ほぼ半円形状の弧状導体板からなりその半円形状の円の中心部にほぼ半円形状の切り欠き部41が設けられた放射板11と、この放射板11の円弧の頂点部が近接して配置される平面導体地板50とを備える。放射板11の頂点部21を給電点とし、平面導体地板50とは同軸給電ケーブルの中心導体と外皮導体が接続される。平面導体地板50に設けられた貫通穴を通された同軸ケーブル31により給電される。すなわち、同軸ケーブル31は、中心導体が平面導体地板50の貫通穴を通して放射板11の頂点部に接続され、外皮導体は平面導体地板50に接続される。

【0019】図13に示すような切り欠き部41の形状を半円放射板と同心円の半円形状ではなく、半楕円にして実験を行った。具体的には図13中の放射板の両端の幅W₁と給電点を通る幅W₂を変化させて、 $W_1 = W_2$, $W_1 > W_2$, $W_1 < W_2$ の場合について測定を行った。図14に測定したパラメータとその時のVSWR特性を示す。半円形状の切り欠きの場合と比較して波線で示す半楕円の切り欠きの場合の方が1.5GHz近傍におけるVSWR値が悪いものの、全体としてVSWR特性に変化は見られず、切り欠き形状が半円に限らなくても良いという結果が得られた。また1.5GHz近傍におけるVSWR値の違いは、切り欠き面積が違うためである。

【0020】第4実施例

図15は本発明の第4の実施形態を示す図であり、図13の実施例においても1つの帯状弧状放射板11₂を放射板11₁と円弧の頂点と中心線を一致させ互いに直交して設けたアンテナ装置の構造を斜視図により示す。すな

わち、ほぼ半円形の形状をし中央部分が切り欠き部41が設けられた2枚の放射板11₁、11₂が、外形の頂点21とこの頂点を通るそれぞれの中心線O_xとを一致させ、互いに直角に交差するように組み合わせて1つのエレメントを構成し、このエレメントが、その頂点部を平面導体地板50に近接対向して配置される。このエレメントの頂点部21を給電点とし平面導体地板50との間に、平面導体地板50に設けられた貫通穴を通して、同軸ケーブル31により給電される。

【0021】図13及び15に示した第3及び第4の実施形態では、平面導体地板50を用いることで、放射板11又は11₁、11₂の電氣的鏡像が平面導体地板50を挟んだ裏側に形成される。このため、放射素子（放射板11又は11₁、11₂）がそれぞれ、第1、第2の実施形態に比べて半分で済み、同等の広帯域特性を実現しながら、アンテナ高を半分に抑え、かつ放射板に切り欠き部41を設けることで、スペース効率のよいアンテナ装置を実現できる。

【0022】第5実施例

図16は本発明の第5の実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、図13の実施例の放射板の切り欠き部41内に半円形状とは異なる形状の放射素子をさらに設けたものである。すなわち、ほぼ半円弧帯状の導体板からなりその半円形状の円の中心部にほぼ半円形状の切り欠き部41が設けられられた放射板11と、この放射板11の円弧の頂点部が近接して配置される平面導体地板50と、放射板11の頂点部と平面導体地板50との間に設けられた給電点21に平面導体地板50に設けられた貫通穴を通して給電する同軸ケーブル31とを備え、更に放射板11の切り欠き部41内にはメアンダモノポール61が配置され、その一端である給電点が弧帯状放射板11の給電点に最も近い中央部に接続される。同軸ケーブル31の中心導体は平面導体地板50の貫通穴を通して放射板11の頂点部に接続され、外皮導体は平面導体地板50に接続される。メアンダモノポール61は放射板11と一体形成され、メアンダモノポール61への給電は放射板11を介して行われる。

【0023】この実施形態では、図13に示した構造の第1アンテナに、第2のアンテナとして第1のアンテナの最低共振周波数より低い周波数で共振するメアンダ形状アンテナが組み込まれた構造となっている。このメアンダ形状アンテナを構成するメアンダモノポール61について詳しく説明する。メアンダモノポール61は、電流の経路を放射板11の半円周よりも長くすることが可能なため、前述の実施形態のアンテナ装置における最低共振周波数よりも低い周波数で共振可能となる。このため、メアンダモノポール61を組み込むことにより、前述の実施形態のアンテナ装置の帯域外でも共振させるこ

とができ、多共振が可能となる。特にメアンダモノポール61の共振周波数を放射板11の共振周波数よりも低く設定することにより、大きさを変えることなく最低共振周波数を下げることができる。

【0024】第6実施例

図17は本発明の第6の実施形態を斜視図により示す図であり、図18及び図19はそのVSWR特性の測定結果を示す。図17に示すこのアンテナ装置は、図16の実施例において地板50の代わりに図2の従来例と同様に半円形の第2の放射板11bを設けてダイポール型アンテナとした場合である。すなわち、ほぼ半円弧帯形状の放射板11a、と半円状放射板11bを備え、この2枚の放射板11a、11bがそれぞれの円弧の頂点部21a、21bが給電点として対向して配置される。これら給電点21a、21bに、同軸ケーブル31が接続される。放射板11aの切り欠き部41にメアンダモノポール61が配置され、その下端が半円弧帯の内周中央に一体に接続されている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板11aの頂点部21aに接続され、外皮導体は放射板11bに接続される。メアンダモノポール61への給電は放射板11aを介して行われる。

【0025】ここで、放射板11aをその外形が半径a=75mmの半円、切り欠き部41の形状が放射板11aの外形と同心の半径b=55mmの半円、放射板11aの幅WがW=20mmとなるように形成し、メアンダモノポール61の共振周波数を280MHzとなるように調整して、このアンテナ装置のVSWR特性を測定した。この測定結果の全帯域を図18に、及びその0~2GHz帯域の拡大図を図19に示す。これらの図は、横軸の周波数のスケールが異なるだけで、同一のアンテナ装置に関する測定データである。

【0026】図18から、帯域及びVSWRについては、従来のアンテナ装置と同等の特性が得られていることがわかる。また、図19から、メアンダモノポール61を組み込んだことで280MHzでも共振していることがわかる。この測定結果から、アンテナ装置の大きさを変えることなく多共振化を達成でき、さらに、最低共振周波数を下げることが可能であることがわかる。

【0027】図20乃至図22はそれぞれ図16に示した実施形態の変形例を示す。これらの例では、放射板11の切り欠き部41に組み込まれる放射素子としてそれぞれ、2つのメアンダモノポール61₁、61₂、2つのヘリカルアンテナ62₁、62₂及び抵抗装荷モノポール63が用いられる。切り欠き部41に組み込まれる放射素子としては、このような切り欠き部41に収まるものであれば他の形状のものでもよい。また、図20及び図21ではそれぞれ2つの素子を組み込んだ例を示しているが、この数に制限はない。組み込まれた放射素子への給電は、その放射素子を放射板11に接続することによりおこなわれる。

【0028】図20または図21に示したように放射板11の切り欠き部41に別の複数の放射素子を組み込ん

だ場合に、各々の放射素子の共振周波数を異なるものにしておけば、さらに多共振化が可能となる。また、図22に示す抵抗装化モノポール63のような広帯域アンテナを用い、その共振周波数を半円形状の放射板11からなる半円導体モノポールアンテナより低く設定することにより、アンテナ装置を大型化せずに最低共振周波数を下げることができ、さらなる広帯域化が可能となる。

第7実施例

前述の各実施例では少なくとも1つのほぼ半円形放射板にそれより小さい形の半円形切り欠きを同心状に形成することにより、他の型のアンテナ素子、或いは回路素子などを切り欠き部に配置可能とするスペースを形成した場合を示したが、以下の実施例では少なくとも1つのほぼ半円形の放射板をほぼ円筒状に一回巻いた構造とすることにより、横方向の占有長を短くした場合のアンテナ装置の実施例を示す。

【0029】図23はこの発明の第7実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置はほぼ半円形の導体板を、その直線辺がほぼ円となるように円筒状に一回巻いた構造の放射板13aと、半円形の導体板で構成された放射板12bとを有している。これらの放射板13a、12bは中心線Oxを共有し、かつそれぞれの円弧の頂点部21a、21bが対向するように配置される。これらの頂点部21a、21bを給電点とし、それら間に給電部30が設けられる。

【0030】図2のアンテナ装置においては、2つの半円形導体板をそれぞれ、半円の頂点部を通る中心線（半円の半径）Oxが母線となる共通の円柱に一回巻いた構造の放射板13a、13bが設けられ、2つの半円形導体の円弧の頂点21a、21bが近接対向して配置される。つまり半円放射板の直線辺が円を形成するように一回巻いた構成としている。

【0031】このように、1つのアンテナ装置を構成する2つの放射板のうち、図23に示すように一方の放射板を円筒状に一回巻きして筒状放射板13aとしてもよいし、図24に示すように両方の放射板を円筒状に一回巻きして放射板13a、13bとしてもよい。いずれも、湾曲した放射板13a（図23）又は13a、13b（図24）の周方向両端は互いに接触しても、しなくても後述するようにVSWR特性に大きな違いはない。

【0032】図23、24の実施例では、円筒状に一回巻きされた放射板13a（図24では13bも）の周方向の両端は互いに接触しないように、これら間に小間隔10が設けられている。また円筒状放射板13aの中心線Oxと間隔10の中央とを結ぶ直線dと、放射板13aの中心線Oxとはほぼ直角が好ましい。また図24では、放射板13a、13bが共有する中心線Oxと間隔10を結ぶ各直線dはほぼ互いに平行が好ましい。放射板13a、13bはその展開状態で、同一大きさが好ま

しい。放射板13a又は13bに対する湾曲形状は円筒状のみならず、楕円筒状でもよく、つまりほぼ円筒状であればよい。

【0033】このように円筒状の導体板を放射板として用いることにより、従来の平板の導体板を放射板として用いた構成に比較して、少なくとも1つの放射素子の占有する横幅が従来例に比較してほぼ1/3ですみスペース効率を高めることができる。図25、図26および図27は図24に示したアンテナ装置に対する給電のための構成例を示してある。図25の構成では同軸ケーブル31を放射板13bの頂点部を通る中心線Oxに沿って配置する。これに対し図26の構成では同軸ケーブル31を放射板13bの半円の円弧に沿って配置する。また図27の構成では給電のために平行2線33を用い、両放射板13a、13b間に配置する。いずれの場合も給電は2つの放射板13a、12b（又は13a、13b）の頂点部21a、21bを給電点としてそれら間で行う。

第8実施例2

図28はこの発明の第8実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、例えば図23、24、25などの実施例において、放射板12b、又は13bを設ける代わりに、図13と同様に平面導体板よりなる地板50が設けられ、モノポール型アンテナ装置とした場合である。即ち、放射板13は図25の場合と同様であり、ほぼ半円形状の導体板を、半円の円弧の頂点部を通る中心線Oxが円筒の中心軸と平行になるように円筒状に形成されており、この放射板13の円弧の頂点部21に近接し、これを通る前記中心線Oxとはほぼ垂直に配置される平面導体地板50を備える。放射板13の頂点部21を給電点とし、平面導体板50との間に平面導体地板50に設けた貫通穴51を通された同軸ケーブル31から給電される。すなわち、同軸ケーブル31の中心導体は放射板13の頂点部21に接続しており、また外皮導体は平面導体板50に接続されている。

【0034】この第8実施形態は平面導体地板50により放射素子13の電氣的鏡像が、地板50をはさんだ裏側に形成される。そのため放射素子の数は第7実施形態（図23～27）の半分で済み、同等の広帯域特性を実現しながらアンテナ高を半分に抑えることが可能となる。このような構成にすることでアンテナ高を抑え、スペース効率の良いアンテナ装置が実現できる。

【0035】このアンテナ装置の性能を確かめるために実験を行った。図29A、29B、29Cはその実験に用いたアンテナ装置の正面図、平面図、右側面図をそれぞれ示し、図29Dは放射板13の展開図を示す。放射板13は図29Dで示す半径 $r=75\text{mm}$ の半円形状の導体板を、半円円弧の頂点を通る中心線Oxを母線とする直径500mmの円柱に一回巻きしたものをを用いている。また平面導体地板50は300mm×300mm、厚さ0.2mmの銅板を

用いた。給電は平面導体地板50の中心部に設けた貫通穴51に通した給電ケーブル31により行われている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板13の頂点部21に接続され(図29C)、外皮導体は平面導体地板50に接続されている。

【0036】図30には実験により測定したVSWR特性を示す。得られたVSWR特性と図3に示す従来例の特性とを比較すると、放射板を円筒状に形成したこの発明のアンテナ装置の帯域特性は従来例と同等の広帯域特性を有し、しかもその帯域に渡ってVSWRの値は従来技術による値よりも小さな値となっている。即ちVSWR特性は図3に示す従来のものより改善されている。このように放射板を円筒状とし、平面導体地板を用いることで、アンテナ高が半分になり、放射板の占有する横幅が従来例に比較して1/3ですみ、スペース効率の点で優れたアンテナ装置となっており、しかもVSWR特性が改善されている。

【0037】図23～28の実施例では、放射板13は正円筒状の場合を示したが、楕円筒状に形成してもよい。図28に示すようにその楕円の2つの軸を中心線Oxと直角に交わる軸L2と、その軸L2と直交する軸L1とし、次の3つの場合

- (a) $L1=L2=50$ (円筒)
- (b) $L1=33\text{mm}$ 、 $L2=60\text{mm}$ (即ち $L1>L2$ の楕円筒)
- (c) $L1=60\text{mm}$ 、 $L2=33\text{mm}$ (即ち $L1<L2$ の楕円筒)

について測定したVSWR特性を図31中の実線31A、太線31B、細破線31Cにそれぞれ示す。図から明かなように、円筒状放射板13を楕円筒に代えてもVSWR特性に大きな変化はなく、従って放射板13の湾曲は軸比 $L1/L2$ が約0.5～1.5の範囲で円筒だけでなく、楕円筒でもよいことを示している。このことは以下の全ての実施例にも当てはまるし、放射板13a、13bのいずれにも当てはまる。

【0038】図23～28の実施例では、放射板13を円筒に一回巻きして両端がほぼ接触するように湾曲する場合を示したが、そのときの円柱の直径より大きい直径の円柱に一回未満巻いて図32に示すように両端間に隙間dを形成するように湾曲させてもよい。この場合の円柱の直径Dが $D=48\text{mm}$ (形成される両端間の隙間 $d=1\text{mm}$)の場合と $D=6\text{mm}$ (隙間 $d=37\text{mm}$)の場合について測定したVSWR特性を図33に示し、実線33Aとは先33Bでそれぞれ示す。この場合もアンテナ装置の広帯域性は保たれている。隙間dが大きくなるとVSWRが劣化するが、それでも図3の従来技術に比べてVSWR特性は優れている。

【0039】図32において $d=0$ とし、放射板13の両端を互いに半だ付けした場合と、ごくわずか(1mm程度)離して点接触とした場合のVSWR特性の測定結果をそれぞれ図34の破線34Aと実線34Bに示す。この図から明かなように、湾曲された放射板13の両端が接触してもしなくてもVSWR特性にはほとんど影響せず、従

って両端を強いて接触する必要はない。このことは他の全ての実施例にも当てはまる。

第9実施例

図35はこの発明の第9実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、図28の実施例における円筒状とされた放射板13に、例えば図13で示したと同様の切り欠き41を形成した場合であり、ほぼ半円形状の導体板の半円の中心部にはほぼ半円形状の切り欠き部41を形成して得た半円形リボン状導体板(図36D参照)を、半円の円弧の頂点部を通る中心線Oxが母線となる円柱に一回巻きして放射板14としている。つまりこの放射板14は、図28に示した放射板13の下側周縁(半円弧)の最下頂点部21から導体地板50と反対側(即ち上側)に離れた点より、放射板13をその下側周縁と平行に切断した円弧状リボン形状をしており、図28と同様にこの放射板14の円弧の最下頂点部21に近接して平面導体地板50が設けられている。

【0040】放射板14の頂点部21を給電点とし、平面導体地板50に形成された貫通穴51を通された同軸ケーブル31から給電される。即ち、同軸ケーブル31の中心導体は放射板14の給電点21に接続されており、また外皮導体は平面導体地板50に接続されている。このように放射板に切り欠き部41を設けることで、切り欠きのない半円形導体板を円筒状に巻いた第7もしくは第8実施形態に比較してスペース効率を更に高めることができる。前述のように円筒状に一回巻きされた放射板14のアンテナ電流はその下側円弧状周縁付近に分布して流れ、上側直線辺および中心部にはアンテナ電流が流れず、つまり電波の放射に寄与しないので、切り欠き部41を形成してもアンテナとしての動作に影響しない。従って切り欠き部41の形状としては半円形(展開状態で)状に限らず、例えば半楕円状などとしてもよい。

【0041】このアンテナ装置の性能を確かめるために実験を行った。図36A、36B、36Cにはその実験に用いたアンテナ装置の正面図、平面図、右側面図をそれぞれ示し、図36Dには放射板14の展開図を示す。図37Aには実験により測定したVSWR特性を示す。アンテナ装置として放射板14は、半径 $r_1=75\text{mm}$ の半円形状の導体板に、外形と同心の半径 $r_2=55\text{mm}$ の半円の切り欠き部41を設けた導体板を、半円円弧の頂点21を通る中心線Oxを母線とする直径50mmの円柱に一回巻きしたものをを用いている。また平面導体地板50は $300\text{mm}\times 300\text{mm}$ 、厚さ0.2mmの銅板を用いた。給電は平面導体地板50の中心部に形成した貫通穴51に通した給電ケーブル31により行われている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板14の頂点部21に接続され、外皮導体は平面導体地板50に接続されている。

【0042】得られたVSWR特性(図37A)を、切り欠

き部41を持たない図29A～29Dに示すアンテナ装置のVSWR特性（図30）と比較すると、放射板に切り欠き部41を設けても広帯域性は従来例と同等であることがわかる。ただし5GHz以下でVSWRが劣化するが、図3の従来技術による特性と比べれば、低域側での劣化はみられず、むしろ広域側でのVSWRの改善が顕著である。このように放射板に切り欠き部41を設けることにより、この切り欠き部分に別形状のアンテナを組込むことが可能となり、スペース効率の点で優れたアンテナ装置となっている。

【0043】半円形切り欠き部41の面積を変化させ、切り欠き部41がない場合の放射板14の面積に対する切り欠き部41の面積比率と動作帯域内における最悪VSWRとの関係を図37Bに示す。この図からVSWRが2まで許容される場合は、切り欠き部41は前記面積率で50%程度まで大きくすることができる。これは図36Dにおける半径比 r_2/r_1 で表すと約 $r_2/r_1=0.7$ であり、かなり大きな切り欠き部41を形成することができることを示している。

第10実施例

図38はこの発明の第10実施形態を示す図であり、アンテナ装置の構造を斜視図により示す。このアンテナ装置は、放射板14の切り欠き部41に半円形リボン状素子とは異なる型の放射素子を備えている点が図35の第9実施形態と異なる。即ち、ほぼ半円形の導体板にその半円と同心にほぼ半円形状の切り欠き部41を形成し、その導体板を、円弧の頂点部21を通る中心線 O_x が母線となる円柱に一回巻きして円弧リボン状放射板14を形成する。その放射板14の円弧の頂点部21に近接して平面導体地板50が設けられる。放射板14の切り欠き部41にはヘリカルアンテナ62が接続される。ヘリカルアンテナ62の軸心は平面導体地板50とほぼ垂直とされ、かつ円弧頂点部21の上側に位置している。同軸ケーブル31は平面導体地板50に形成された貫通穴51を通され、同軸ケーブル31の中心導体は放射素子14の頂点部21に接続され、また外皮導体は平面導体地板50に接続されて、放射板14の頂点部21を給電点として平面導体地板50との間に給電される。ヘリカルアンテナ62の給電は放射板14を介して行われる。

【0044】この実施形態では図35に示した構造のアンテナに、第2のアンテナとしてヘリカル構造のアンテナが組込まれた構造となっている。組込む第2のアンテナの帯域は任意であるが、特に第1のアンテナの最低共振周波数よりも低い周波数帯に動作帯域を持つものを選べば、第2のアンテナを組込むことにより図35に示す構造のアンテナ装置の多共振化が可能となる。さらに第2のアンテナとして図38の切り欠き部41に収まる大きさのアンテナを選ぶことにより、アンテナを大型化することなく最低共振周波数を下げることができる。

【0045】次に、このアンテナ装置の性能を確かめる

ために実験を行った。図39A、39B、39Cはその実験に用いたアンテナ装置の正面図、平面図、右側面図をそれぞれ示し、図39Dは放射板14の展開図を示す。図40および図41には実験により測定したVSWR特性を示す。ここで、図41は図40における横軸の周波数帯域0～1GHzを、横軸を拡大して示したものであり、同一のアンテナの測定データである。放射板14は、半径75mmの半円形状の導体板に、外形と同心の半径55mmの半円の切り欠き部41を設けた導体板を、半円円弧の頂点21を通る中心線を母線とする直径50mmの円柱に一回巻きして形成される。第2のアンテナ素子としては280MHzで動作するように調整されたヘリカルアンテナ62を切り欠き部41に設置し、ヘリカルアンテナの一端を放射板14の切り欠き部41の半円の頂点部21に接続している。また平面導体地板50は300mm×300mm、厚さ0.2mmの銅板を用いた。給電は平面導体地板50の中心部に設けた貫通穴51に通した給電ケーブル31により行われている。同軸ケーブル31の中心導体は放射板14の頂点部21に接続され、外皮導体は平面導体地板50に接続されている。図40と第9実施例の実験結果である図37Aとを比較すると、切り欠き部41にヘリカルアンテナ62を組込んでも同等の帯域特性が得られていることがわかる。また、図41よりヘリカルアンテナ62を組込んだことにより280MHzでも共振が生じることがわかる。この測定結果からアンテナ装置の大きさを変えることなく多共振化を達成でき、さらに最低共振周波数を下げることが可能であることがわかる。

【0046】図42、43及び44はそれぞれ第10実施形態の変形例を示す。これらの例では放射板14の切り欠き部41に組込まれる放射素子としてそれぞれ2つのヘリカルアンテナ62₁、62₂2つのメアングモノポール61₁、61₂及び抵抗装荷モノポール63が用いられる。切り欠き部41に組込まれる放射素子は、切り欠き部41に収まるものならば他の形式の物でもよい。また、この図42、43ではそれぞれ2つの放射素子を組込んだ例を示しているが、この数に制限は無い。組込まれた放射素子への給電は、組込まれた放射素子が放射板14と接続されていることにより行われる。

【0047】図42、43に示したように放射板14の切り欠き部41に別の放射素子を複数組込んだ場合、各々のアンテナの共振周波数を異なるものにしておけば、さらに多共振化が可能となる。また図44に示す抵抗装荷型モノポール63のように広帯域アンテナを用い、その共振周波数を、放射板14よりなる半円導体モノポールアンテナより低く設定することによりアンテナを大型化せずに最低共振周波数を下げることができ、さらなる広帯域化が可能となる。切り欠き部41に設ける放射素子と放射板14とはそのアンテナ動作が相互に影響しない程度に共振周波数、インピーダンスなどがずらされている。

【0048】

【発明の効果】以上述べたように、この発明の第1の観点のアンテナ装置は、半円形状の導体板からなる放射板に切り下記を設けることで、広帯域特性を維持しながらスペース効率を高めることができる。また、この切り欠き部に別の放射素子を組み込むことで、従来のアンテナ装置と同じ大きさで、より多共振、より広帯域のアンテナ装置または最低共振周波数の低いアンテナ装置を実現できる。

【0049】この発明の第2の観点によれば、半円形状放射板が円筒状に一回巻きされており、最大占有幅を削減することが可能であり、その円筒状とされた半円形放射板に切り欠き部を形成することで、更にスペース効率を高めることが可能となる。また、この切り欠き部に半円形放射板とは形状および動作帯域の異なるアンテナが組込まれることにより、従来のアンテナと比較して小型で広帯域および多共振のアンテナ装置、または最低共振周波数の低いアンテナ装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のアンテナ装置を示す斜視図。

【図2】図1のアンテナ装置の簡易化した構成例を示す斜視図。

【図3】図2に示すアンテナ装置のVSWR特性を示す図。

【図4】この発明の基礎となる解析を行ったアンテナの構成を示す図。

【図5】Aは図4の構成で解析された放射板上の電流密度分布を示す図、Bは図4の構成で放射板形状を変化させた場合のVSWR特性を示す図。

【図6】この発明の第1実施例を示す斜視図。

【図7】図6における給電の1形態を示す図。

【図8】図6における給電の他の形態を示す図。

【図9】図6における給電の更に他の形態を示す図。

【図10】Aは実験に用いた図6のアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは側面図。

【図11】測定されたVSWR特性を示す図。

【図12】この発明の第2実施例を示す斜視図。

【図13】この発明の第3実施例を示す斜視図。

【図14】図13のアンテナ装置のVSWR特性を示す図。

【図15】この発明の第4実施例を示す斜視図。

【図16】この発明の第5実施例を示す斜視図。

【図17】この発明の第6実施例を示す斜視図。

【図18】図17のアンテナ装置のVSWR特性を示す図。

【図19】図18における低周波領域拡大図。

【図20】図16に示した実施例の変形例を示す図。

【図21】図16に示した実施例の他の変形例を示す

図。

【図22】図16に示した実施例の更に他の変形例を示す図。

【図23】この発明の第6実施形態の例を示す斜視図。

【図24】この発明の第6実施形態の他の例を示す斜視図。

【図25】この発明における給電のための構成例を示す斜視図。

【図26】この発明における給電のための他の構成例を示す斜視図。

【図27】この発明における給電のための更に他の構成例を示す斜視図。

【図28】この発明の第7実施形態を示す斜視図。

【図29】Aはこの発明の第7実施形態の実験に用いたアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは右側面図、Dは放射板13の展開図。

【図30】図29A～29Dのアンテナ装置の測定されたVSWR特性を示す図。

【図31】図28において楕円筒の軸長を変化させた場合のVSWR特性を示す図。

【図32】筒状に巻かれた半円形放射板の両端の間隔を説明するための図。

【図33】半円形放射板の円筒径を変えて両端間隔を変化させた場合のVSWR特性を示す図。

【図34】半円形放射板の両端を電氣的に接続した場合と分離した場合のVSWR特性を示す図。

【図35】図35はこの発明の第8実施形態を示す斜視図。

【図36】Aはこの発明の第8実施形態の実験に用いたアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは右側面図、Dは放射板14の展開図。

【図37】Aは図36A～36Dのアンテナ装置の測定されたVSWR特性を示す図、Bは切り欠き部面積率と帯域内最悪VSWRとの関係例を示す図。

【図38】この発明の第9実施形態を示す斜視図。

【図39】Aは第10実施形態の実験に用いたアンテナ装置の正面図、Bは平面図、Cは右側面図、Dは放射板14の展開図。

【図40】図39A～39Dのアンテナ装置の測定されたVSWR特性を示す図。

【図41】図40の中の低周波側を拡大表示した図。

【図42】第10実施形態の変形例を示す図。

【図43】第10実施形態の他の変形例を示す図。

【図44】第10実施形態の更に他の変形例を示す図。

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] almost -- the conductor of a hemicycle -- the flat surface which notching of a hemicycle is mostly formed concentrically with the semicircle, and the 1st radiation plate which consists of a plate, and the above-mentioned 1st radiation plate countered the above-mentioned radiation plate and the right angle with the semicircle arc, and has been arranged -- a conductor -- the top-most-vertices section of the semicircle arc of a cope plate and the above-mentioned radiation plate, and the above-mentioned flat surface -- a conductor -- antenna equipment including the feeder for being connected with a cope plate and supplying electric power in between [these].

[Claim 2] In the antenna equipment of claim 1, another radiation plate of the same configuration shares a medial axis with the above-mentioned 1st radiation plate mostly, and it crosses mutually and is prepared.

[Claim 3] the 1st radiation plate with which the notching section of a hemicycle was formed concentrically mostly and which consists of a conductor of a hemicycle mostly -- almost -- the conductor of a hemicycle -- antenna equipment including the feeder for the top-most-vertices section of each radii countering, and the 2nd radiation plate which consists of a plate, and the above-mentioned 1st and 2nd radiation plate being arranged, making the above-mentioned top-most-vertices section of the above-mentioned 1st and 2nd radiation plate into the feeding point, respectively, and supplying electric power in between [these].

[Claim 4] The 3rd radiation plate formed by having the same configuration mostly with the above-mentioned 1st radiation plate, making the above-mentioned 1st radiation plate and the above-mentioned radii top-most vertices mostly in agreement in the antenna equipment of claim 3, sharing a medial axis, and crossing mutually, Have the same configuration mostly with the above-mentioned 2nd radiation plate, and the above-mentioned 2nd radiation plate and the above-mentioned radii top-most vertices are made mostly in agreement, a medial axis is shared and the 4th radiation plate formed by crossing mutually is included further.

[Claim 5] In the antenna equipment of claim 3, the above-mentioned 2nd radiation plate has the hemicycle and the notching section mostly formed in this alignment.

[Claim 6] In the antenna equipment of claims 1 or 3, at least one radiating element of a different mold from the above-mentioned hemicycle radiation plate is arranged, and it connects with the above-mentioned notching section of the above-mentioned 1st radiation plate near [feeding point] the above of the above-mentioned 1st radiation plate.

[Claim 7] In the antenna equipment of claim 6, the above-mentioned radiating element contains any one of a meander-like monopole, a resistance loading monopole, and the helical antennas.

[Claim 8] almost -- a hemicycle-like conductor -- the antenna equipment which has at least one radiation plate with which the plate was formed by curving in the shape of a cylinder.

[Claim 9] the flat surface which countered in the antenna equipment of claim 8 with the top-most-vertices section of the semicircle arc of the above-mentioned radiation plate, and has been mostly arranged with the bus-bar of the above-mentioned cylinder at the right angle -- a conductor -- a

cope plate, the top-most vertices of the above-mentioned semicircle arc, and the above-mentioned flat surface -- a conductor -- it connects with a cope plate and the feeder for supplying electric power in between [these] is included further.

[Claim 10] the antenna equipment of claim 8 -- setting -- the conductor of the above-mentioned hemicycle -- a plate and a center line are made in agreement, and the radii top-most-vertices section of the semicircle arc of the above-mentioned radiation plate, another radiation plate which has the arc periphery which countered, and the above-mentioned radiation plate, and the above are also obtained, it connects with the radii top-most-vertices section of one radiation plate, and the feeder for supplying electric power in between [these] is included.

[Claim 11] the antenna equipment of claim 10 -- setting -- the above -- obtaining -- one radiation plate -- that of a hemicycle -- obtaining -- one conductor -- it consists of a plate.

[Claim 12] the antenna equipment of claim 10 -- setting -- the above -- obtaining -- one radiation plate -- that of a hemicycle -- obtaining -- one conductor -- it is the tubed radiation plate which wound the plate around tubed mostly and was formed.

[Claim 13] the antenna equipment of claims 9 or 10 -- setting -- the above-mentioned radiation plate -- the above -- a conductor -- it was mostly formed in this alignment with the hemicycle of a plate -- it has the notching section of a hemicycle mostly.

[Claim 14] the antenna equipment of claim 13 -- setting -- the above-mentioned notching section -- radiation of at least one above-mentioned hemicycle -- the conductor with which the radiating element from which a conductor and a mold differ curved to tubed [the] -- it is attached in the plate.

[Claim 15] In the antenna equipment of claim 14, the above-mentioned radiating element contains at least one antenna element chosen from the meander-like monopole, the resistance loading monopole, and the helical antenna.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention is a broadband like 0.5–13GHz, and relates to the antenna equipment using a hemicycle or a semicircle ribbon-like radiation plate especially about the antenna equipment which can be constituted small.

[0002]

[Description of the Prior Art] as the example of the conventional wideband antenna -- reference, R.M.Taylor., and "A Brodband Omnidirectional Antenna" IEEE AP-S International Symposium, 1994, and p1294. The antenna equipment using a semicircular conductor plate is shown. The example of a configuration is shown in drawing 1 . This antenna equipment is equipped with two elements. one element -- the conductor of the hemicycle of two sheets -- it constitutes from plates 121a and 122a -- having -- **** -- this conductor of two sheets -- center line Ox with which Plates 121a and 122a pass along the top-most vertices of each semicircle radii It is made mutually in agreement and the configuration combined so that a right angle might be crossed mutually is carried out. already -- element of one of the two -- the same -- the conductor of a hemicycle -- Plates 121b and 122b -- top-most vertices Ox of each semicircle radii The center line along which it passes is made mutually in agreement, and the configuration combined so that a right angle might be crossed mutually is carried out. These two elements are arranged so that the top-most vertices of each radii may counter. the electric supply section is installed between these two top-most vertices of the radii of an element -- having -- **** -- the coaxial cable 31 for electric supply -- the core of one element -- that envelope -- a conductor is arranged in contact with an element.

[0003] Drawing 2 shows the example of a configuration which simplified the antenna equipment shown in drawing 1 . this simple type of antenna equipment -- the conductor of a hemicycle -- it has Plates 12a and 12b. a conductor -- Plates 12a and 12b are arranged so that the top-most vertices of each semicircle radii may counter. the electric supply section -- these two conductors -- it prepares between the top-most vertices of Plates 12a and 12b -- having -- a conductor -- it has the composition that electric power is supplied with the coaxial cable 31 installed in plate 12b.

[0004] Drawing 3 shows the VSWR property of the antenna equipment shown in drawing 2 . It turns out that it has a broadband property also in the antenna equipment simplified as shown in this drawing. This property was acquired considering the radius r of the shape of a hemicycle of the radiation plates 12a and 12b as $r = 6\text{cm}$. The minimum band used as $\text{VSWR} < 2.0$ is 600MHz. since the wavelength λ of the lower cut off frequency at this time is about 50cm -- the -- about $(1/8) - \lambda$ It turns out that it is the need as die length of a radius r. The radiation property of the antenna equipment of drawing 1 is a center line Ox. It is indirectivity in a right-angled flat surface, a lower cut off frequency to the twice [about] as many frequency as this is indirectivity, and the radiation property of another side and the antenna equipment of drawing 2 is a center line Ox in a frequency domain higher than it. It has directivity strong against the same direction as radiation

plate 12a in the right-angled flat surface.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, since the antenna element of the configuration with which two flabellate form radiation plates were combined by crossing is prepared 2 sets of upper and lower sides, the conventional antenna equipment of drawing 1 needs big occupancy space, and also in the short form antenna equipment of drawing 2, a flabellate form hemicycle radiation plate needs a big occupancy area. Moreover, it is one eighth of the minimum resonant wavelength at least also about the size. A semicircular conductor plate with the radius of wavelength extent is needed, and the antenna area of every direction $2r \times 2r$, i.e., $(1/4) \lambda \times (1/4) \lambda$, is needed also for a short form. Therefore, when conventional antenna equipment tended to need the big tooth space for the volume and area and it was going to lower the lower cut off frequency, it had the fault which antenna equipment enlarges in inverse proportion to the lower cut off frequency.

[0006] The purpose of this invention solves such a technical problem, and aims at offering the smaller antenna equipment at electrical characteristics equivalent to the former, or the antenna equipment with which it is smaller than before with equipment and lowest resonance frequency lower than before is moreover obtained.

[0007]

[Means for Solving the Problem] the antenna equipment by the 1st viewpoint of this invention -- the conductor of the shape of a hemicycle as a radiation plate -- it is characterized by forming the notching section of a hemicycle in the core of a plate mostly. the radiation plate which has this notching section, and a right-angled field -- those radii top-most vertices -- countering -- a flat surface -- a conductor -- that of the almost same hemicycle as the above-mentioned radiation plate also obtains, a cope plate forms and those radii top-most vertices make into the feeding point, it constitutes so that electric power may supply between the above-mentioned cope plates, or one radiation plate forms so that the radii top-most vertices of those radiation plates may counter, and it constitutes so that electric power may supply in between [these] by making those radii top-most vertices into the feeding point.

[0008] At least one different radiating element from a hemicycle mold may be arranged in the hemicycle notching section of the above-mentioned hemicycle radiation plate, and you may connect with it near the feeding point. the antenna equipment by the 2nd viewpoint of this invention -- the conductor of the hemicycle as a radiation plate -- it is characterized by bending the plate in the shape of a cylinder. A cope plate is formed. the antenna equipment by this 2nd viewpoint -- setting -- radii top-most vertices -- countering -- a cylinder shaft and a right-angled flat surface -- a conductor -- the above-mentioned radii top-most vertices -- the feeding point -- carrying out -- a flat surface -- a conductor -- it considers as the configuration which supplies electric power between cope plates, or another hemicycle radiation plate which has the radii top-most vertices of the above-mentioned cylindrical radiation plate and the radii top-most vertices which counter may be formed in the above-mentioned cylinder shaft and parallel, and these radii top-most vertices may be made into the feeding point, and you may constitute so that electric power may be supplied in between [these].

[0009] Moreover, in the antenna equipment of the 2nd viewpoint of the above, when the hemicycle notching section is formed in the hemicycle radiation plate which forms a cylinder, at least one different radiating element from a hemicycle mold may be arranged in the notching section, and you may connect with it near the feeding point. Moreover, a VSWR property is improvable, being able to reduce the occupancy space of an antenna element by forming notching in a hemicycle radiation plate, and/or forming a hemicycle radiation plate in the shape of a cylinder, and maintaining a broadband property equivalent to the former according to the antenna equipment by the 1st and 2nd viewpoints of this invention.

[0010]

[Embodiment of the Invention] the hemicycle radiation plate which is one radiating element of the

dipole mold antenna shown in drawing 1 before explaining the example of this invention, and the flat surface which acts as mirror image sides -- a conductor -- a cope plate constitutes and the monopole mold antenna which carries out actuation equivalent to the antenna of drawing 1 is examined first. that is, it is shown in drawing 4 -- as -- a flat surface -- a conductor -- the radii top-most vertices 21 carry out contiguity opposite of the hemisphere radiation plate 11 with a cope plate 50 at the shape of cope plate 50 -- as -- perpendicular -- arranging -- the radii top-most vertices and the cope plate 50 of the hemisphere radiation plate 12 -- the central conductor of a coaxial electric supply cable, and an envelope -- the conductor was connected, respectively, the antenna was constituted and the following analyses were performed. the conductor of drawing 4 R> 4 -- a cope plate 50 forms the mirror image of the radiation plate 12, therefore carries out actuation equivalent to the antenna of drawing 2 .

[0011] (a) 5GHz which flows the shape of radiation plate 12 As a result of analyzing distribution of the high frequency current with the finite element method, as shown in drawing 5 A, the field where current density is high at intervals was generated in the strip region in alignment with the periphery of the hemisphere radiation plate 12, and extent which can be disregarded found that the current which flows to the central field of a hemisphere was few. That is, it turned out that the radii strip region has contributed to radiation greatly.

[0012] (b) In drawing 4 , generally the configuration of the hemisphere radiation plate 12 was specified as the ellipse also including the circle, and the effect on the VSWR property by the size relation of the 1st and 2nd radii L1 and L2 which intersect perpendicularly mutually was measured about the following three cases.

(1) $L1=L2=75\text{mm}$ (in namely, the case of a semicircle)

(2) $L1=75\text{mm}$ and $L2=50\text{mm}$ ((namely, $L1 > L2$)) (3) Continuous-line 5a, broken-line 5b, and thick broken-line 5c show $L1=40\text{mm}$ and the measurement result of VSWR in $L2=75\text{mm}$ these (namely, $L1 < L2$) 3 **s to drawing 5 B, respectively. if L2 is changed -- a band lower cut off frequency -- changing (a band lower cut off frequency rising, if L2 becomes small) -- even if it changed the semicircle to the ellipse, the big change in a VSWR property was not seen, but it turned out that the radiation plate 12 may not be a perfect semicircle.

[0013] Analysis (a) A result is used, it leaves the radii strip region of a hemisphere radiation plate, the hemisphere field inside it is excised, and the excised space is used for arrangement of the antenna element of other molds, electronic parts, an electronic circuitry, etc. Analysis (b) According to the result, there is no big difference anyway in a property between a semicircle and a half-ellipse about the configuration of a hemisphere radiation plate. the radii ribbon-like radiation in the example of this invention that describes this below -- it is applied also about a conductor.

[0014] 1st example drawing 6 is drawing showing the 1st operation gestalt of this invention, and shows the structure of antenna equipment by the perspective view. this antenna equipment -- almost -- the conductor of hemisphere-like 2 **** -- plates (for example, a copper plate, an aluminum plate, etc.) -- concentric arc-shaped radiation plate 11a smaller than it which excised and formed the semicircle section mostly, and 11b It is constituted. Arc radiation plate 11a and 11b A semicircle or a half-ellipse is sufficient as a periphery, and a semicircle or a half-ellipse is sufficient as inner circumference (notching) similarly. This two radiation plates 11a and 11b Top-most-vertices section 21a of each radii, and 21b It is arranged face to face and they are this top-most-vertices section 21a and 21b. The electric supply section 30 is formed in between. two radiation plates 11a and 11b **** -- respectively -- the core of the circle of the shape of the hemisphere -- them -- concentrically -- almost -- hemisphere-like notching section 41a and 41b It is prepared. Radiation plate 11a and 11b It is a hemisphere and they are notching section 41a and 41b. In the case of the half-ellipse which has a major axis horizontally, they are radiation plate 11a and 11b. It goes at a tip, and width of face W decreases or increases gradually. When it has a major axis perpendicularly, W increases gradually toward a tip. thus, notching section 41a and 41b it is possible to arrange other components in those notching sections by preparing -- becoming -- the conductor

of the conventional shape of a perfect hemicycle -- space efficiency can be raised as compared with the configuration using the plate as a radiation plate.

[0015] Drawing 7 thru/or drawing 9 show the example of a configuration from which it differs for the electric supply in the antenna equipment of the example of drawing 4. By the configuration of drawing 7, it is radiation plate 11b about a coaxial cable 31. Center line Ox It meets and arranges. On the other hand, by the configuration of drawing 8, it is radiation plate 11b about a coaxial cable 31. It arranges along with the periphery of a hemicycle. Moreover, with the configuration of drawing 9, parallel 2 line 33 is used for electric supply. In any case, electric supply is two radiation plates 11a and 11b. Top-most-vertices section 21a and 21b It carries out in between.

[0016] The experiment for confirming the engine performance of this antenna equipment was conducted. Drawing 10 shows the orthogonal views of the antenna equipment used for the experiment, and drawing 11 shows the VSWR property measured by the experiment. As antenna equipment, they are radiation plate 11a and 11b. Semicircle and notching section 41a whose appearance is the radius of $a = 75\text{mm}$, respectively, and 41b A configuration is radiation plate 11a and 11b, respectively. It considered as the semicircle with a radius [of an appearance and this alignment] of $b = 55\text{mm}$. Therefore, radiation plate 11a and 11b Each width of face W is $W = 20\text{mm}$. electric supply -- radiation plate 11b the coaxial cable 31 arranged along with a medial axis -- using -- the central conductor of this coaxial cable 31 -- radiation plate 11a Top-most-vertices section 21a an envelope -- a conductor -- another radiation plate 11b It connected. Even if VSWR is stopped in the frequency domain higher than 600MHz smaller than about 2 or it and it prepares the notching section in a radiation plate as compared with the property of the conventional example which showed the acquired VSWR property in drawing 3, it turns out that a band property is almost equivalent to the conventional example. Thus, it becomes possible to prepare a circuit apparatus, and an another radiating element and another others in this part, and excels in preparing the notching section in respect of space efficiency.

[0017] 2nd example drawing 12 is drawing showing the 2nd operation gestalt of this invention, and shows the structure of antenna equipment by the perspective view. the conductor of two sheets with which this antenna equipment carried out the configuration of a hemicycle mostly like the conventional example of drawing 1 -- each conductor which is equipped with 2 sets of elements of the structure which combined the plate so that the top-most vertices and the center line of each radii might be mutually made substantially in agreement and it might intersect perpendicularly mutually, and constitutes one **** of 2 sets of these elements -- the same circular radiation plate is used for a plate with the example of drawing 6 having explained. That is, for the element of one group, two radiation plates 111a and 112a with which the configuration of a hemicycle was mostly carried out and the notching section was prepared for the central part are top-most-vertices 21a of radii. Each center line Ox passing through these top-most vertices It is made in agreement, and it is combined and constituted so that a right angle may be intersected mutually. Moreover, similarly, each center line with which two radiation plates 121b and 122b which carried out the configuration of a hemicycle mostly pass along the top-most vertices and these top-most vertices of an appearance is made in agreement, it combines and the element of the group of another side is constituted so that a right angle may be intersected mutually. 2 sets of elements are top-most-vertices section 21a of the radiation plates 111a and 112a which constitute each, and the radii of 121b and 122b, and 21b. It is arranged so that it may counter, and they are top-most-vertices section 21a of 2 sets of these elements, and 21b. It considers as the feeding point. this example -- an electric supply sake -- a coaxial cable 31 -- using -- the central conductor of this coaxial cable 31 -- top-most-vertices section 21a of the radiation plates 111a and 112a connecting -- an envelope -- a conductor -- top-most-vertices section 21b of the radiation plates 121b and 122b It has connected. As the electric supply approach, parallel 2 line and others can also be used instead of a coaxial cable 31.

[0018] Also in such a configuration, the same broadband property as the conventional example

shown in drawing 1 is acquired. Therefore, while high space efficiency is obtained like the 1st operation gestalt, directivity within a horizontal plane can be made into indirectivity with constituting a radiant element from two or more radiation plates.

drawing 6 R shows the 3rd operation gestalt of this invention -- it is -- a perspective view shows the structure of the monopole mold antenna equipment corresponding to the dipole mold antenna of 6 or 7 examples. this antenna equipment -- almost -- a hemicycle-like arc band -- a conductor -- the flat surface where the top-most-vertices section of the radii of the radiation plate 11 with which it consisted of a plate and the hemicycle-like notching section 41 was mostly formed in the core of the circle of the shape of that hemicycle, and this radiation plate 11 is arranged by approaching -- a conductor -- it has a cope plate 50. the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 11 -- the feeding point -- carrying out -- a flat surface -- a conductor -- a cope plate 50 -- the central conductor of a coaxial electric supply cable, and an envelope -- a conductor is connected. a flat surface -- a conductor -- electric power is supplied with the coaxial cable 31 which had the through hole prepared in the cope plate 50 let it pass. namely, the coaxial cable 31 -- a central conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with the top-most-vertices section of the radiation plate 11 through the through hole of a cope plate 50 -- having -- an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with a cope plate 50.

[0019] It experimented by making the configuration of the notching section 41 as shown in drawing 13 into the half-ellipse instead of the shape of a hemicycle of a semicircle radiation plate and a concentric circle. Specifically, it is the width of face W1 of the both ends of the radiation plate in drawing 13 . Width of face W2 which passes along the feeding point It was made to change and measured about the case of $W1=W2$, $W1>W2$, and $W1<W2$. The parameter measured to drawing 14 and VSWR ***** at that time are shown. Although the VSWR value [in / in the direction in the case of notching of the half-ellipse shown with a wavy line as compared with the case of hemicycle-like notching / about 1.5GHz] was bad, as a whole, change was not looked at by the VSWR property but the result that a notching configuration did not need to restrict to a semicircle was obtained. Moreover, the difference in the VSWR value in about 1.5GHz is because notching area is different.

[0020] It is drawing showing the 4th operation gestalt of this invention, it sets in the example of drawing 13 R 3, and 4th example drawing 15 is another band-like arc radiation plate 112. Radiation plate 111 The top-most vertices and the center line of radii are made in agreement, and a perspective view shows the structure of antenna equipment which intersected perpendicularly mutually and was established. two radiation plates 111 with which the configuration of a hemicycle was mostly carried out and the notching section 41 was formed for the central part and 112 Each center line Ox passing through the top-most vertices 21 and these top-most vertices of an appearance it is made in agreement and a right angle is intersected mutually -- as -- combining -- one element -- constituting -- this element -- that top-most-vertices section -- a flat surface -- a conductor -- contiguity opposite is carried out and it is arranged at a cope plate 50 . [namely ,] the top-most-vertices section 21 of this element -- the feeding point -- carrying out -- a flat surface -- a conductor -- between cope plates 50 -- a flat surface -- a conductor -- electric power is supplied with the coaxial cable 31 which had the through hole prepared in the cope plate 50 let it pass.

[0021] the 3rd and 4th operation gestalten shown in drawing 13 and 15 -- a flat surface -- a conductor -- using a cope plate 50 -- the radiation plate 11 or 111, and 112 an electric mirror image -- a flat surface -- a conductor -- it is formed in the background which sandwiched the cope plate 50. For this reason, a radiating element (the radiation plate 11 or 111, and 112) becomes possible [pressing down antenna height in one half], ending with one half compared with the 1st and 2nd operation gestalt, and realizing an equivalent broadband property, respectively. Thus, space-efficient antenna equipment is realizable by stopping antenna height and forming the notching section 41 in a radiation plate.

[0022] 5th example drawing 16 is drawing showing the 5th operation gestalt of this invention, and shows the structure of antenna equipment by the perspective view. This antenna equipment prepares further the radiating element of a different configuration from the shape of a hemicycle in the notching section 41 of the radiation plate of the example of drawing 13. It consists of a plate and the hemicycle-like notching section 41 is mostly formed in the core of the circle of the shape of the hemicycle. namely, an almost semicircle arc band-like conductor -- with the ***** radiation plate 11 the flat surface where the top-most-vertices section of the radii of this radiation plate 11 is arranged by approaching -- a conductor -- with a cope plate 50 It has the coaxial cable 31 which supplies electric power through the through hole prepared in the cope plate 50. the top-most-vertices section of the radiation plate 11, and a flat surface -- a conductor -- the feeding point 21 prepared between cope plates 50 -- a flat surface -- a conductor -- Furthermore, the meander monopole 61 is arranged in the notching section 41 of the radiation plate 11, and the feeding point which is the end is connected to the center section nearest to the feeding point of the arc band-like radiation plate 11. the central conductor of a coaxial cable 31 -- a flat surface -- a conductor -- it lets the through hole of a cope plate 50 pass, and connects with the top-most-vertices section of the radiation plate 11 -- having -- an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with a cope plate 50. The meander monopole 61 is the radiation plate 11 and really formed, and electric supply to the meander monopole 61 is performed through the radiation plate 11.

[0023] With this operation gestalt, it has the structure where the meander configuration antenna which resonates on the frequency lower than the lowest resonance frequency of the 1st antenna as the 2nd antenna was built into the 1st antenna of the structure shown in drawing 13. The meander monopole 61 which constitutes this meander configuration antenna is explained in detail. Since the meander monopole 61 can make the path of a current longer than the semicircle periphery of the radiation plate 11, resonance of it is attained on a frequency lower than the lowest resonance frequency in the antenna equipment of the above-mentioned operation gestalt. for this reason, the thing incorporating the meander monopole 61 -- the antenna equipment of the above-mentioned operation gestalt -- being out of band -- even when -- resonating -- it can make -- many resonance is possible -- becoming. Lowest resonance frequency can be lowered by setting up especially the resonance frequency of the meander monopole 61 lower than the resonance frequency of the radiation plate 11, without changing magnitude.

[0024] 6th example drawing 17 is drawing showing the 6th operation gestalt of this invention by the perspective view, and drawing 18 and drawing 19 show the measurement result of the VSWR property. It sets in the example of drawing 16 and this antenna equipment shown in drawing 17 is 2nd radiation plate 11b of a hemicycle like the conventional example of drawing 2 instead of a cope plate 50. It is the case where prepared and it considers as a dipole mold antenna. That is, it is radiation plate 11a of a half-radii band configuration mostly. Semicircle-like radiation plate 11b It has and they are this two radiation plates 11a and 11b. Top-most-vertices section 21a of each radii, and 21b It counters as the feeding point and is arranged. These feeding point 21a and 21b A coaxial cable 31 is connected. Radiation plate 11a The meander monopole 61 is arranged at the notching section 41, and the lower limit is connected to one in the center of inner circumference of a half-radii band. the central conductor of a coaxial cable 31 -- radiation plate 11a Top-most-vertices section 21a it connects -- having -- an envelope -- a conductor is connected to radiation plate 11b. The electric supply to the meander monopole 61 is radiation plate 11a. It is carried out by minding.

[0025] Here, it is radiation plate 11a. The configuration of a semicircle and the notching section 41 where that appearance is the radius of $a = 75\text{mm}$ is radiation plate 11a. A semicircle with a radius [of an appearance and this alignment] of $b = 55\text{mm}$, and radiation plate 11a It formed so that width of face W might be set to $W = 20\text{mm}$, the resonance frequency of the meander monopole 61 was adjusted so that it might be set to 280MHz , and the VSWR property of this antenna equipment was

measured. The enlarged drawing of drawing 18 and its 0-2GHz band is shown for all the bands of this measurement result in drawing 19. The scales of the frequency of an axis of abscissa only differ, and these drawings are the measurement data about the same antenna equipment.

[0026] Drawing 18 shows that the property equivalent to conventional antenna equipment is acquired about a band and VSWR. Moreover, it turns out that at least 280MHz is resonating by having incorporated the meander monopole 61 from drawing 19. It turns out that it is possible to be able to attain many resonance-ization from this measurement result, without changing the magnitude of antenna equipment, and to lower lowest resonance frequency further.

[0027] Drawing 20 thru/or drawing 22 show the modification of the operation gestalt shown in drawing 16, respectively. as the radiating element included in the notching section 41 of the radiation plate 11 in these examples -- respectively -- two meander monopoles 611, 612, and two helical antennas 621 and 622 And the resistance loading monopole 63 is used. As a radiating element included in the notching section 41, as long as it fits in such the notching section 41, the thing of other configurations may be used. Moreover, although drawing 20 $R > 0$ and drawing 21 show the example which incorporated two components, respectively, there is no limit in this number. Electric supply to the incorporated radiating element is performed by connecting the radiating element to the radiation plate 11.

[0028] Many resonance-ization will still be attained, if resonance frequency of each radiating element is made into a different thing when two or more another radiating elements are included in the notching section 41 of the radiation plate 11, as shown in drawing 20 or drawing 21. moreover, the semicircle which consists the resonance frequency of a hemicycle-like radiation plate 11 using a wideband antenna like the *****-ized monopole 63 shown in drawing 22 $R > 2$ -- a conductor -- by setting up lower than a monopole antenna, lowest resonance frequency can be lowered without enlarging antenna equipment, and the further broadband-ization is attained.

Although each example of the 7th example above-mentioned showed the case where the tooth space which enables arrangement of the antenna element of other molds or a circuit element at the notching section by forming concentrically hemicycle notching of at least one form almost smaller than it to a hemicycle radiation plate was formed In the following examples, by considering as at least one structure which rolled the radiation plate of a hemicycle once in the shape of a cylinder mostly shows the example of the antenna equipment at the time of shortening lateral occupancy length.

[0029] Drawing 23 is drawing showing the 7th operation gestalt of this invention, and shows the structure of antenna equipment by the perspective view. this antenna equipment -- almost -- the conductor of a hemicycle -- radiation plate 13a of structure which rolled the plate once in the shape of a cylinder so that that straight-line side might serve as a circle mostly, and the conductor of a hemicycle -- it has radiation plate 12b which consisted of plates. These radiation plates 13a and 12b are center lines Ox. It is arranged so that it may share and the top-most-vertices sections 21a and 21b of each radii may counter. These top-most-vertices sections 21a and 21b are made into the feeding point, and the electric supply section 30 is formed in between [these].

[0030] Center line Ox which passes two semicircular conductor plates along the top-most-vertices section of a semicircle in the antenna equipment of drawing 2, respectively (radius of a semicircle) The radiation plates 13a and 13b of structure wound once around the common cylinder used as a bus-bar are formed, and the top-most vertices 21a and 21b of the radii of two semicircular conductors carry out contiguity opposite, and are arranged. That is, it is considering as the configuration rolled once so that the straight-line side of a semicircle radiation plate might form a circle.

[0031] Thus, as while shows drawing 23 between two radiation plates which constitute one antenna equipment, a radiation plate is rolled once in the shape of a cylinder, is carried out, and it is good also as tubed radiation plate 13a, and as shown in drawing 24, both radiation plates are rolled once in the shape of a cylinder, are carried out, and it is good also as radiation plates 13a and 13b. Also

even if the curved hoop direction both ends of radiation plate 13a (drawing 23), or 13a and 13b (drawing 24) contact mutually, a big difference does not have all in a VSWR property so that it may mention later.

[0032] in drawing 23 and the example of 24, the small spacing 10 is formed in between [these] so that the both ends of the hoop direction of radiation plate 13a (drawing 24 -- 13b) which wound once in the shape of a cylinder, and was carried out may not contact mutually. Moreover, center line Ox of cylindrical radiation plate 13a The straight line d which connects the center of spacing 10, and center line Ox of radiation plate 13a A right angle is almost desirable. Moreover, center line Ox which the radiation plates 13a and 13b share between drawing 24 Each straight line d which connects spacing 10 has almost mutually desirable parallel. The radiation plates 13a and 13b are in the expansion condition, and its same magnitude is desirable. Not only the shape of a cylinder but ellipse tubed is sufficient as it, that is, if the curve configuration over radiation plate 13a or 13b is almost cylindrical, it is good.

[0033] thus, a cylinder-like conductor -- using a plate as a radiation plate -- the conventional monotonous conductor -- as compared with the configuration using the plate as a radiation plate, the breadth which at least one radiating element occupies is about 1/3 as compared with the conventional example, can end, and can raise space efficiency. Drawing 25 , drawing 26 , and drawing 27 have shown the example of a configuration for the electric supply to the antenna equipment shown in drawing 24 . Center line Ox which passes a coaxial cable 31 along the top-most vertices of radiation plate 13b by the configuration of drawing 25 It meets and arranges. On the other hand, with the configuration of drawing 26 , a coaxial cable 31 is arranged along with the radii of the semicircle of radiation plate 13b. Moreover, with the configuration of drawing 27 , parallel 2 line 33 is used for electric supply, and it arranges between both radiation plate 13a and 13b. In any case, electric supply carries out in between [these] by making the top-most-vertices sections 21a and 21b of two radiation plates 13a and 12b (or 13a, 13b) into the feeding point.

8th example 2 drawing 28 is drawing showing the 8th operation gestalt of this invention, and shows the structure of antenna equipment by the perspective view. instead of this antenna equipment preparing radiation plate 12b or 13b in examples, such as drawing 23 , and 24, 25, -- drawing 13 -- the same -- a flat surface -- a conductor -- it is the case where the cope plate 50 which consists of a plate was formed, and it considers as monopole mold antenna equipment. namely, the radiation plate 13 -- the case of drawing 25 -- the same -- almost -- a hemicycle-like conductor -- center line Ox which passes a plate along the top-most-vertices section of the radii of a semicircle Said center line Ox which is formed in the shape of a cylinder so that it may become a cylindrical medial axis and parallel, approaches the top-most-vertices section 21 of the radii of this radiation plate 13, and passes along this the flat surface arranged almost perpendicularly -- a conductor -- it has a cope plate 50. the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 13 -- the feeding point -- carrying out -- a flat surface -- a conductor -- between plates 50 -- a flat surface -- a conductor -- electric power is supplied from the coaxial cable 31 which had the through hole 51 prepared in the cope plate 50 let it pass. namely, the central conductor of a coaxial cable 31 -- the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 13 -- connecting -- **** -- moreover, an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with the plate 50.

[0034] this 8th operation gestalt -- a flat surface -- a conductor -- it is formed in the background where the electric mirror image of a radiating element 13 sandwiched the cope plate 50 with the cope plate 50. Therefore, the number of radiating elements can be managed with the one half of the 7th operation gestalt (drawing 23 -27), and it becomes possible to hold down antenna height to one half, realizing an equivalent broadband property. Antenna height is stopped by making it such a configuration, and space-efficient antenna equipment can be realized.

[0035] It experimented in order to confirm the engine performance of this antenna equipment. Drawing 29 A, and 29B and 29C show the front view of the antenna equipment used for the experiment, a top view, and a right side view, respectively, and drawing 29 D shows the development

view of the radiation plate 13. the conductor of the shape of a hemicycle with a radius of $r=75\text{mm}$ in which the radiation plate 13 is shown by drawing 29 D -- center line Ox which passes a plate along the top-most vertices of semicircle radii What carried out [1 time] to the cylinder with a diameter of 500mm used as a bus-bar is used. moreover, a flat surface -- a conductor -- a cope plate 50 -- 0.2mm in 300mmx300mm and thickness The copper plate was used. electric supply -- a flat surface -- a conductor -- it is performed by the electric supply cable 31 which it let pass to the through hole 51 prepared in the core of a cope plate 50. the central conductor of a coaxial cable 31 is connected to the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 13 -- having (drawing 29 C) -- an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with the cope plate 50.

[0036] The VSWR property measured by experiment is shown in drawing 30 . If the property of the conventional example shown in the acquired VSWR property and drawing 3 is compared, the band property of the antenna equipment of this invention that formed the radiation plate in the shape of a cylinder has a broadband property equivalent to the conventional example, moreover, crosses it to that band, and the value of VSWR is a value smaller than the value by the conventional technique. That is, the VSWR property improves from the conventional thing shown in drawing 3 . thus -- being cylindrical in a radiation plate -- carrying out -- a flat surface -- a conductor -- the breadth which a radiation plate occupies by antenna height becoming half by using a cope plate -- the conventional example -- comparing -- one third it is -- it ends, and has become antenna equipment which was excellent in respect of space efficiency, and, moreover, the VSWR property is improved.

[0037] In the example of drawing 23 -28, although the radiation plate 13 showed the forward cylinder-like case, it may be formed in ellipse tubed. As shown in drawing 28 , it is a center line Ox about two shafts of the ellipse. It considers as the shaft L2 which crosses a right angle, and the shaft L2 and the shaft L1 which intersects perpendicularly, and, in the following three cases, is (a). $L1=L2=50$ (cylinder)

(b) $L1=33\text{mm}$ and $L2=60\text{mm}$ (namely, $L1>$ ellipse cylinder of $L2$)

(c) $L1=60\text{mm}$ and $L2=33\text{mm}$ (namely, ellipse cylinder of $L1<L2$)

The VSWR property attached [was boiled and] and measured is shown in continuous-line 31A in drawing 31 , thick wire 31B, and thin broken-line 31C, respectively. even if it replaces the cylindrical radiation plate 13 with an ellipse cylinder so that clearly from drawing -- the big change in a VSWR property -- there is nothing -- therefore, the curve of the radiation plate 13 -- axial ratios $L1/L2$ About 0.5-1.5 It is shown in the range not only a cylinder but that an ellipse cylinder is sufficient. This is applied also to all the following examples, and applied to all of the radiation plates 13a and 13b.

[0038] Although the example of drawing 23 -28 showed the case where it curved so that the radiation plate 13 may be wound once around a cylinder, may be used as it and both ends may contact mostly, you may make it curve so that Clearance d may be formed among both ends at the cylinder of a larger diameter than the diameter of the cylinder at that time, as shown in ***** drawing 32 less than once. The VSWR property measured about the case where they are the case where the diameter D of the cylinder in this case is $D=48\text{mm}$ ($d=1\text{mm}$ of clearances between the both ends formed), and $D=6\text{mm}$ ($d=37\text{mm}$ of clearances) is shown in drawing 33 , and point 33B shows continuous-line 33A, respectively. The broadband nature of antenna equipment is maintained also in this case. Although VSWR will deteriorate if Clearance d becomes large, compared with the conventional technique of drawing 3 , the VSWR property is still excellent.

[0039] drawing 32 -- setting -- $d=0$ -- carrying out -- the both ends of the radiation plate 13 -- mutual -- a half -- it is -- the case where it attached and carries out -- very -- only (about 1mm) -- detaching -- a ratio -- the measurement result of the VSWR property at the time of considering as contact is shown in broken-line 34A and continuous-line 34B of drawing 34 , respectively. Even if the both ends of the curved radiation plate 13 contact so that clearly from this drawing and it does not carry out, a VSWR property is hardly influenced, therefore it is not necessary to contact both

ends by force. This is applied to all other examples.

9th example drawing 35 is drawing showing the 9th operation gestalt of this invention, and shows the structure of antenna equipment by the perspective view. This antenna equipment to the radiation plate 13 in the example of drawing 28 made cylindrical. For example, it is the case where the same notching 41 is formed with drawing 13 having shown. almost -- a hemicycle-like conductor -- the shape of a hemicycle ribbon which formed and obtained the hemicycle-like notching section 41 mostly to the core of the semicircle of a plate -- a conductor -- center line Ox which passes a plate (refer to drawing 36 D) along the top-most-vertices section of the radii of a semicircle. It winds around the cylinder used as a bus-bar once, it is made it, and is considering as the radiation plate 14. that is, the conductor from the lowest top-most-vertices section 21 of the bottom periphery (semicircle arc) of the radiation plate 13 which showed this radiation plate 14 to drawing 28 -- the circular ribbon configuration where the radiation plate 13 was cut from the point which separated to a cope plate 50 and the opposite side (namely, on) to those bottom periphery and parallel -- carrying out -- **** -- drawing 28 -- the same -- the lowest top-most-vertices section 21 of the radii of this radiation plate 14 -- approaching -- a flat surface -- a conductor -- the cope plate 50 is formed.

[0040] the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 14 -- the feeding point -- carrying out -- a flat surface -- a conductor -- electric power is supplied from the coaxial cable 31 which had the through hole 51 formed in the cope plate 50 let it pass. that is, the central conductor of a coaxial cable 31 is connected at the feeding point 21 of the radiation plate 14 -- having -- **** -- moreover, an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with the cope plate 50. Thus, by forming the notching section 41, space efficiency can be further raised to a radiation plate as compared with the 7th which rolled the semicircular conductor plate without notching in the shape of a cylinder, or the 8th operation gestalt. Since it is distributed near [the] a bottom circular periphery, it flows, and antenna current does not flow in the top straight-line side and a core, that is, the antenna current of the radiation plate 14 which wound once in the shape of a cylinder as mentioned above, and was carried out does not contribute to radiation of an electric wave, even if it forms the notching section 41, the actuation as an antenna is not influenced.

Therefore, as a configuration of the notching section 41, it is good also not only as the shape of a hemicycle (in expansion condition) but the shape for example, of a half-ellipse etc.

[0041] It experimented in order to confirm the engine performance of this antenna equipment. The front view of the antenna equipment used for the experiment, a top view, and a right side view are shown in drawing 36 A, and 36B and 36C, respectively, and the development view of the radiation plate 14 is shown in drawing 36 D. The VSWR property measured by experiment is shown in drawing 37 A. as antenna equipment -- the radiation plate 14 -- the conductor of the shape of a radius $r_1=75\text{mm}$ hemicycle -- the conductor which formed the notching section 41 of the radius $r_2=55\text{mm}$ semicircle of an appearance and this alignment in the plate -- center line Ox which passes a plate along the top-most vertices 21 of semicircle radii. What carried out [1 time] to the cylinder with a diameter of 50mm used as a bus-bar is used. moreover, a flat surface -- a conductor -- the cope plate 50 used 300mmx300mm and a copper plate with a thickness of 0.2mm. electric supply -- a flat surface -- a conductor -- it is performed by the electric supply cable 31 which it let pass to the through hole 51 formed in the core of a cope plate 50. the central conductor of a coaxial cable 31 is connected to the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 14 -- having -- an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with the cope plate 50.

[0042] Even if it forms the notching section 41 in a radiation plate as compared with the VSWR property (drawing 30) of antenna equipment which shows the acquired VSWR property (drawing 37 A) in drawing 29 A without the notching section 41 - 29D, it turns out that broadband nature is equivalent to the conventional example. However, 5GHz. Although VSWR deteriorates below, if compared with the property by the conventional technique of drawing 3, degradation by the side of low-pass is not seen, but its improvement of VSWR by the side of a wide area is remarkable rather.

Thus, by forming the notching section 41 in a radiation plate, it becomes possible to build the antenna of another configuration into this notching part, and has become antenna equipment which was excellent in respect of space efficiency.

[0043] The area of the hemicycle notching section 41 is changed and the relation between the rate of surface ratio of the notching section 41 to the area of the radiation plate 14 in case there is no notching section 41, and the worst VSWR in a band of operation is shown in drawing 37 B. When VSWR is permitted from this drawing to 2, the notching section 41 can be enlarged to about 50% at said rate of area. This is the radius ratios $r2/r1$ in drawing 36 D. When expressed, it is abbreviation $r2/r1=0.7$, and it is shown that the quite big notching section 41 can be formed.

10th example drawing 38 is drawing showing the 10th operation gestalt of this invention, and shows the structure of antenna equipment by the perspective view. It differs from the 9th operation gestalt of drawing 35 in that this antenna equipment equips the notching section 41 of the radiation plate 14 with the radiating element of a different mold from a hemicycle ribbon-like component. namely, -- almost -- the conductor of a hemicycle -- a plate -- the semicircle and this alignment -- almost -- the hemicycle-like notching section 41 -- forming -- the conductor -- center line Ox which passes a plate along the top-most-vertices section 21 of radii It winds around the cylinder used as a bus-bar once, it is made it, and the radii ribbon-like radiation plate 14 is formed. the top-most-vertices section 21 of the radii of the radiation plate 14 -- approaching -- a flat surface -- a conductor -- a cope plate 50 is formed. A helical antenna 62 is connected to the notching section 41 of the radiation plate 14. the axial center of a helical antenna 62 -- a flat surface -- a conductor -- it is supposed that it is almost perpendicular to a cope plate 50, and it is located in the radii top-most-vertices section 21 bottom. a coaxial cable 31 -- a flat surface -- a conductor -- it lets the through hole 51 formed in the cope plate 50 pass, and the central conductor of a coaxial cable 31 is connected to the top-most-vertices section 21 of a radiating element 14 -- having -- moreover, an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with a cope plate 50 -- having -- the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 14 -- the feeding point -- carrying out -- a flat surface -- a conductor -- electric power is supplied between cope plates 50. Electric supply of a helical antenna 62 is performed through the radiation plate 14. With this operation gestalt, it has the structure where the antenna of helical structure was built into the antenna of the structure shown in drawing 35 as the 2nd antenna. Although the band of the 2nd antenna to incorporate is arbitrary, if what has a band of operation in a frequency band lower than the lowest resonance frequency of the 1st antenna especially is chosen, many resonance-ization of the antenna equipment of the structure shown in drawing 35 will be attained by incorporating the 2nd antenna. Lowest resonance frequency can be lowered by choosing the antenna of magnitude furthermore settled in the notching section 41 of drawing 38 as the 2nd antenna, without enlarging an antenna.

[0044] Next, it experimented in order to confirm the engine performance of this antenna equipment. Drawing 39 A, and 39B and 39C show the front view of the antenna equipment used for the experiment, a top view, and a right side view, respectively, and drawing 39 D shows the development view of the radiation plate 14. The VSWR property measured by experiment is shown in drawing 40 and drawing 41. Here, drawing 41 is 0-1GHz of frequency bands of the axis of abscissa in drawing 40. An axis of abscissa is expanded and shown and it is the measurement data of the same antenna. the radiation plate 14 -- the conductor of the shape of a hemicycle with a radius of 75mm -- the conductor which formed the notching section 41 of a semicircle with a radius [of an appearance and this alignment] of 55mm in the plate -- it carries out by coiling once the center line which passes a plate along the top-most vertices 21 of semicircle radii around a cylinder with a diameter of 50mm used as a bus-bar, and is formed. The helical antenna 62 adjusted so that it might operate by 280MHz as the 2nd antenna element was installed in the notching section 41, and the end of a helical antenna is connected to the top-most-vertices section 21 of the semicircle of the notching section 41 of the radiation plate 14. moreover, a flat surface -- a conductor -- a cope

plate 50 -- 0.2mm in 300mmx300mm and thickness The copper plate was used. electric supply -- a flat surface -- a conductor -- it is performed by the electric supply cable 31 which it let pass to the through hole 51 prepared in the core of a cope plate 50. the central conductor of a coaxial cable 31 is connected to the top-most-vertices section 21 of the radiation plate 14 -- having -- an envelope -- a conductor -- a flat surface -- a conductor -- it connects with the cope plate 50. When drawing 40 is compared with drawing 37 A which is the experimental result of the 9th example, although a helical antenna 62 is built into the notching section 41, it turns out that the equivalent band property is acquired. Moreover, by having incorporated the helical antenna 62 from drawing 41 shows that at least 280MHz of resonance arises. Many resonance-ization can be attained without changing the magnitude of antenna equipment from this measurement result, and it turns out that it is possible to lower lowest resonance frequency further.

[0045] Drawing 42 , and 43 and 44 show the modification of the 10th operation gestalt, respectively. In these examples, two helical antennas 621, 622 or 2 meander monopoles 611 and 612, and the resistance loading monopole 63 are used, respectively as a radiating element included in the notching section 41 of the radiation plate 14. As long as the radiating element included in the notching section 41 is settled in the notching section 41, the object of other formats is sufficient as it. Moreover, although this drawing 42 and 43 show the example which incorporated two radiating elements, respectively, there is no limit in this number. Electric supply to the incorporated radiating element is performed by connecting the incorporated radiating element with the radiation plate 14.

[0046] Many resonance-ization will still be attained, if resonance frequency of each antenna is made into a different thing when two or more sets are crowded in another radiating element in the notching section 41 of the radiation plate 14, as shown in drawing 42 and 43. moreover, the semicircle which consists the resonance frequency of a radiation plate 14 using a wideband antenna like the resistance loading mold monopole 63 shown in drawing 44 -- a conductor -- by setting up lower than a monopole antenna, lowest resonance frequency can be lowered without enlarging an antenna, and the further broadband-ization is attained. As for the radiating element prepared in the notching section 41, and the radiation plate 14, resonance frequency, an impedance, etc. are shifted by extent in which the antenna actuation does not influence mutually.

[0047]

[Effect of the Invention] it stated above -- as -- the antenna equipment of the 1st viewpoint of this invention -- a hemisphere-like conductor -- space efficiency can be raised by cutting to the radiation plate which consists of a plate, and preparing the following, maintaining a broadband property. Moreover, many resonance, and the antenna equipment of a broadband or antenna equipment with low lowest resonance frequency is more realizable more in the same magnitude as conventional antenna equipment including another radiating element in this notching section.

[0048] According to the 2nd viewpoint of this invention, a hemisphere-like radiation plate winds once in the shape of a cylinder, and is carried out, and it becomes it is possible to reduce the maximum occupancy width of face, and possible to raise space efficiency further by forming the notching section in that hemisphere radiation plate made cylindrical. Moreover, by building into this notching section the antenna with which a configuration and a band of operation differ from a hemisphere radiation plate, as compared with the conventional antenna, it is small, and a broadband and the antenna equipment of many resonance, or antenna equipment with low lowest resonance frequency can be realized.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The perspective view showing conventional antenna equipment.

[Drawing 2] The perspective view showing the example of a configuration which the antenna equipment of drawing 1 simplified.

[Drawing 3] Drawing showing the VSWR property of the antenna equipment shown in drawing 2 .

[Drawing 4] Drawing showing the configuration of the antenna which performed analysis used as the foundation of this invention.

[Drawing 5] Drawing and B which show the current density distribution on the radiation plate with which A was analyzed with the configuration of drawing 4 are drawing showing the VSWR property at the time of changing a radiation plate configuration with the configuration of drawing 4 .

[Drawing 6] The perspective view showing the 1st example of this invention.

[Drawing 7] Drawing showing one gestalt of the electric supply in drawing 6 .

[Drawing 8] Drawing showing other gestalten of the electric supply in drawing 6 .

[Drawing 9] Drawing showing the gestalt of further others of the electric supply in drawing 6 .

[Drawing 10] For the front view of the antenna equipment of drawing 6 which used A for the experiment, and B, a top view and C are a side elevation.

[Drawing 11] Drawing showing the measured VSWR property.

[Drawing 12] The perspective view showing the 2nd example of this invention.

[Drawing 13] The perspective view showing the 3rd example of this invention.

[Drawing 14] Drawing showing the VSWR property of the antenna equipment of drawing 13 .

[Drawing 15] The perspective view showing the 4th example of this invention.

[Drawing 16] The perspective view showing the 5th example of this invention.

[Drawing 17] The perspective view showing the 6th example of this invention.

[Drawing 18] Drawing showing the VSWR property of the antenna equipment of drawing 17 .

[Drawing 19] The low frequency field enlarged drawing in drawing 18 .

[Drawing 20] Drawing showing the modification of the example shown in drawing 16 .

[Drawing 21] Drawing showing other modifications of the example shown in drawing 16 .

[Drawing 22] Drawing showing the modification of further others of the example shown in drawing 16 .

[Drawing 23] The perspective view showing the example of the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 24] The perspective view showing other examples of the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 25] The perspective view showing the example of a configuration for the electric supply in this invention.

[Drawing 26] The perspective view showing other examples of a configuration for the electric supply in this invention.

[Drawing 27] The perspective view showing the example of a configuration of further others for the electric supply in this invention.

[Drawing 28] The perspective view showing the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 29] For a top view and C, a right side view and D are [the front view of the antenna equipment which used A for the experiment of the 7th operation gestalt of this invention, and B] the development view of the radiation plate 13.

[Drawing 30] Drawing showing the VSWR property that the antenna equipment of drawing 29 A – 29D was measured.

[Drawing 31] Drawing showing the VSWR property at the time of changing the axial length of an ellipse cylinder in drawing 28 .

[Drawing 32] Drawing for explaining spacing of the both ends of the hemicycle radiation plate wound around tubed.

[Drawing 33] Drawing showing the VSWR property at the time of changing the diameter of a cylinder of a hemicycle radiation plate, and changing both-ends spacing.

[Drawing 34] Drawing showing the VSWR property at the time of dissociating with the case where the both ends of a hemicycle radiation plate are connected electrically.

[Drawing 35] Drawing 35 is the perspective view showing the 8th operation gestalt of this invention.

[Drawing 36] For a top view and C, a right side view and D are [the front view of the antenna equipment which used A for the experiment of the 8th operation gestalt of this invention, and B] the development view of the radiation plate 14.

[Drawing 37] B is drawing in which A shows the VSWR property that the antenna equipment of drawing 36 A – 36D was measured, and drawing showing the related example of the notching aspect moment and the worst VSWR in a band.

[Drawing 38] The perspective view showing the 9th operation gestalt of this invention.

[Drawing 39] For a top view and C, a right side view and D are [the front view of the antenna equipment which used A for the experiment of the 10th operation gestalt, and B] the development view of the radiation plate 14.

[Drawing 40] Drawing showing the VSWR property that the antenna equipment of drawing 39 A – 39D was measured.

[Drawing 41] Drawing which carried out the enlarged display of the low frequency side in drawing 40 .

[Drawing 42] Drawing showing the modification of the 10th operation gestalt.

[Drawing 43] Drawing showing other modifications of the 10th operation gestalt.

[Drawing 44] Drawing showing the modification of further others of the 10th operation gestalt.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

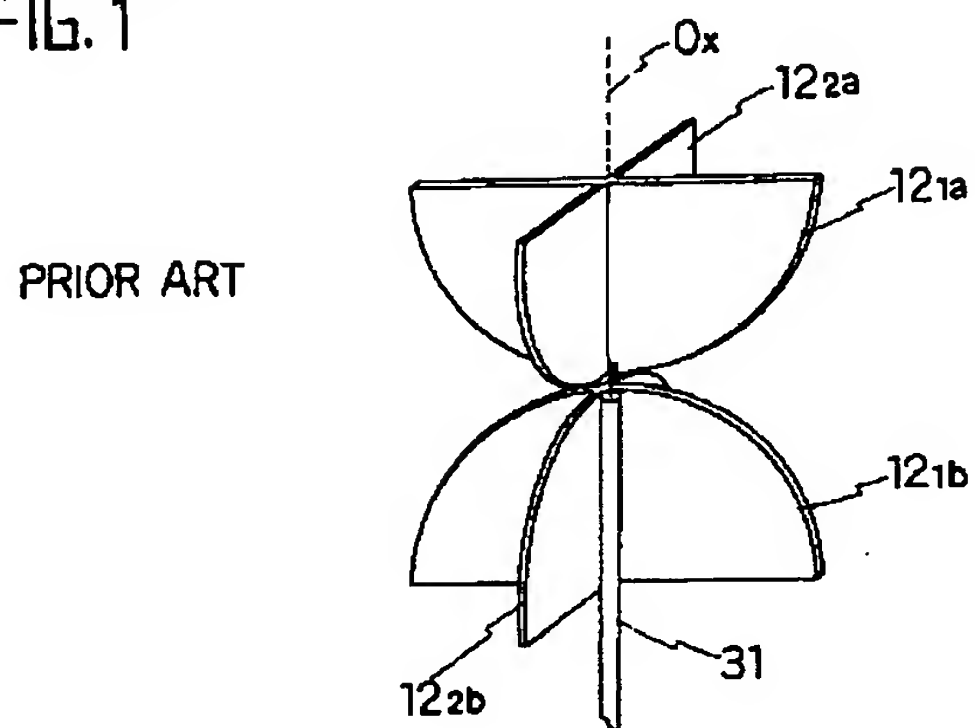
2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

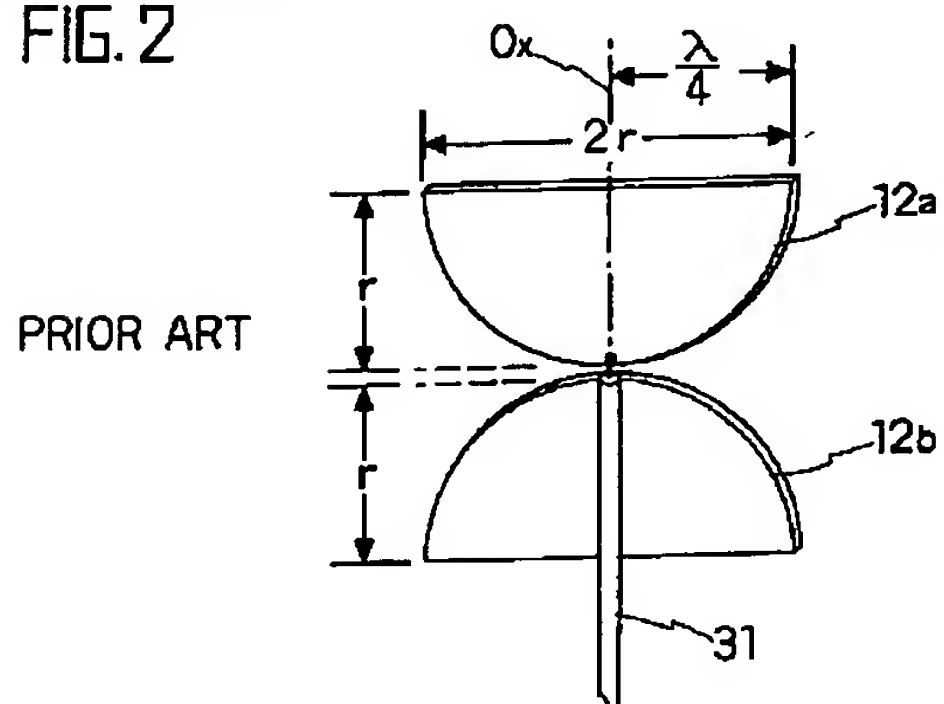
[Drawing 1]

FIG. 1



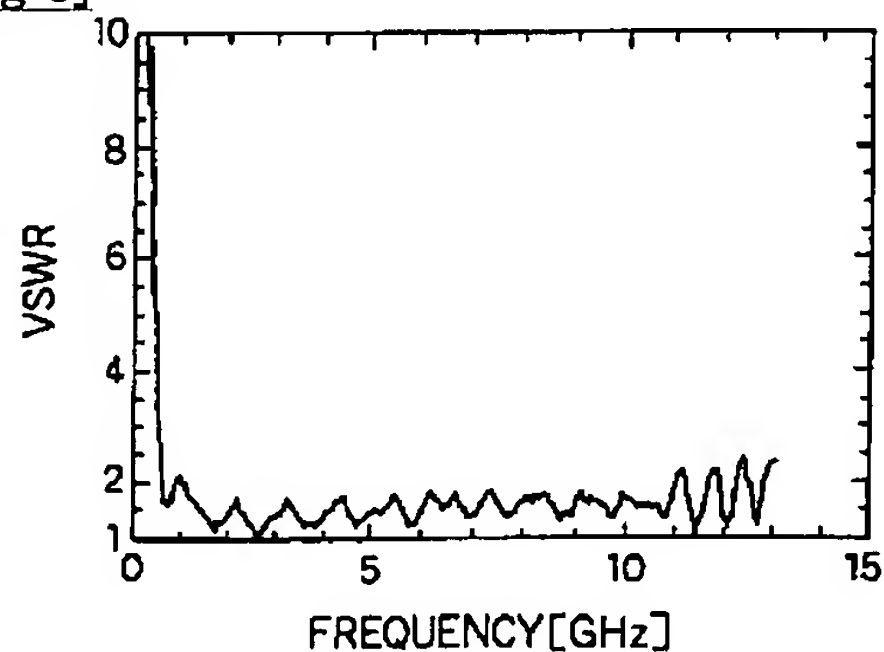
[Drawing 2]

FIG. 2



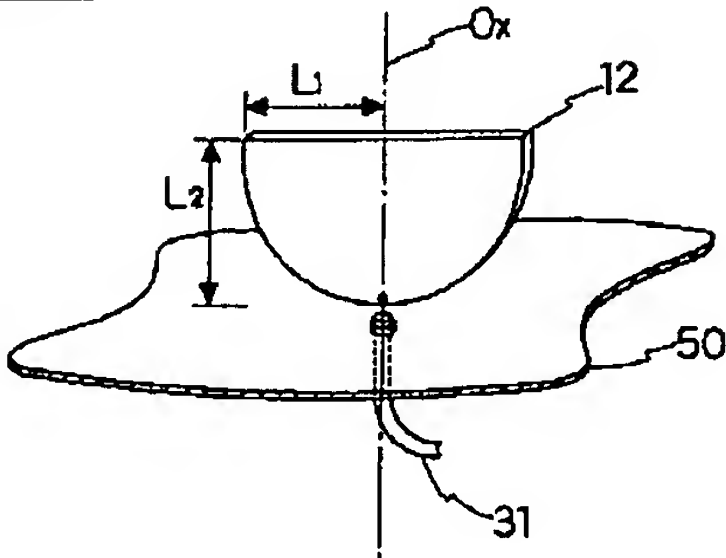
[Drawing 3]

FIG. 3



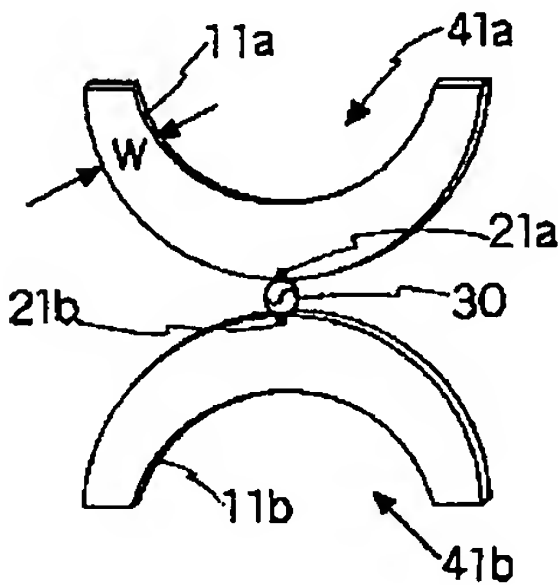
[Drawing 4]

FIG. 4



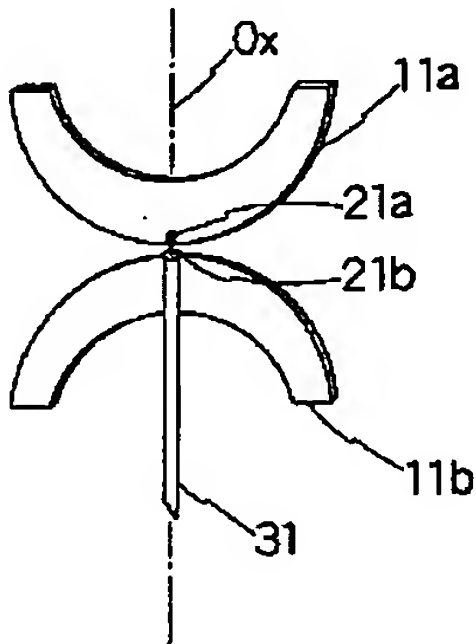
[Drawing 6]

FIG. 6



[Drawing 7]

FIG. 7



[Drawing 5]

FIG. 5A

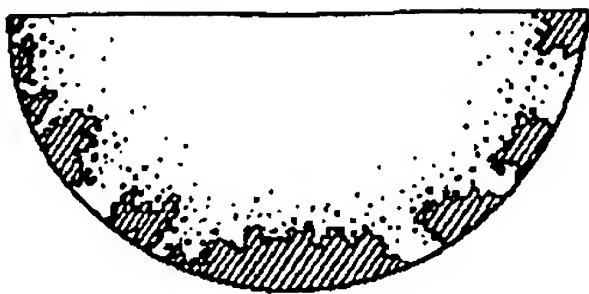
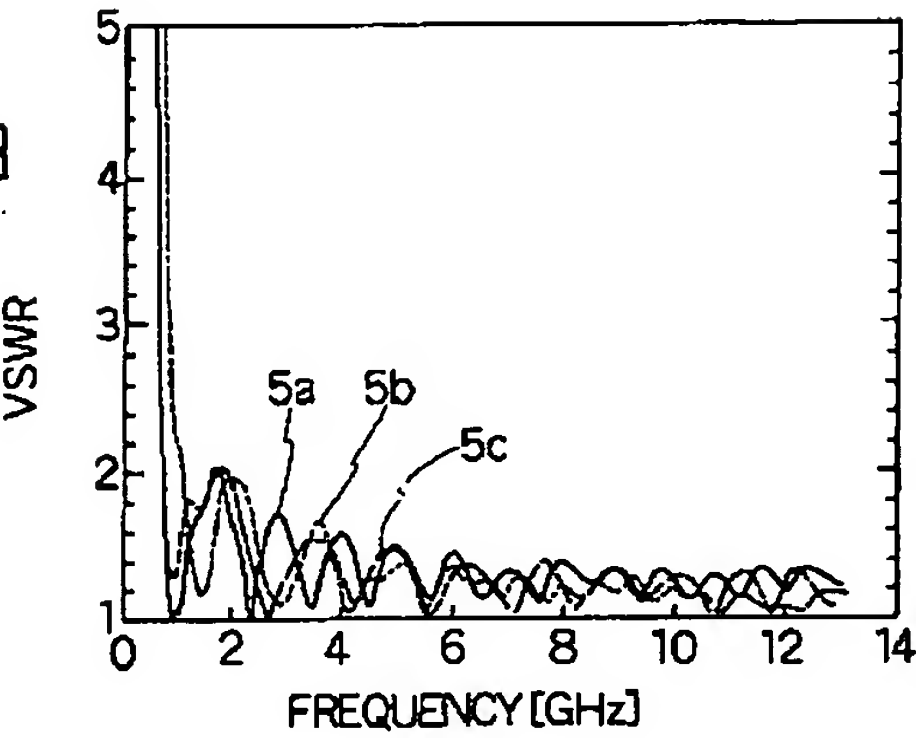
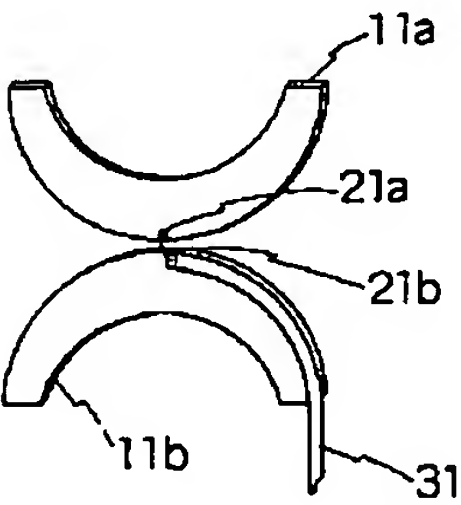


FIG. 5B



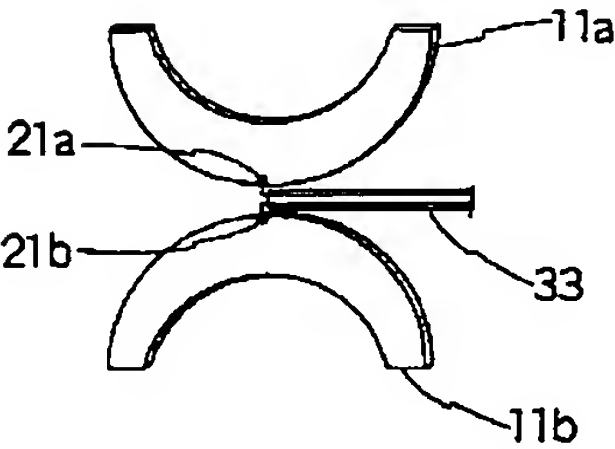
[Drawing 8]

FIG. 8

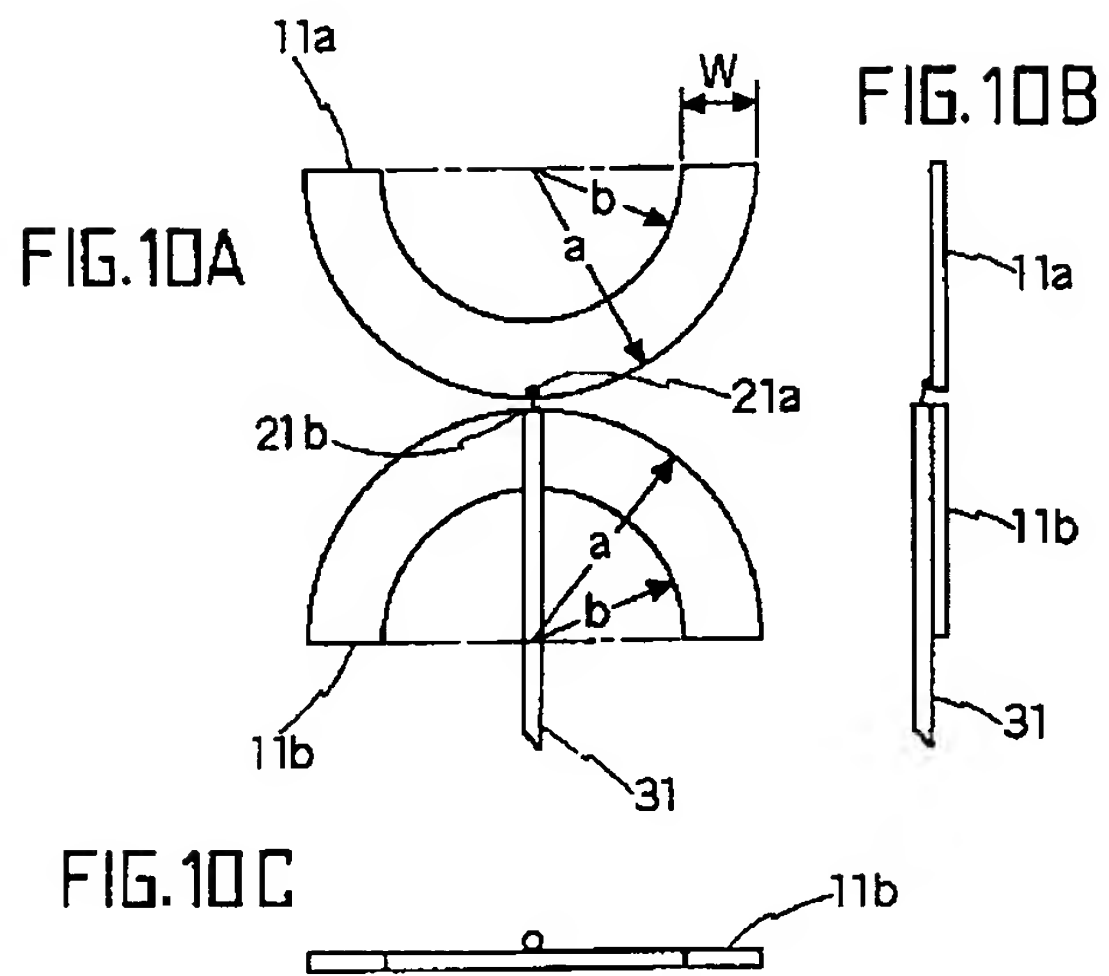


[Drawing 9]

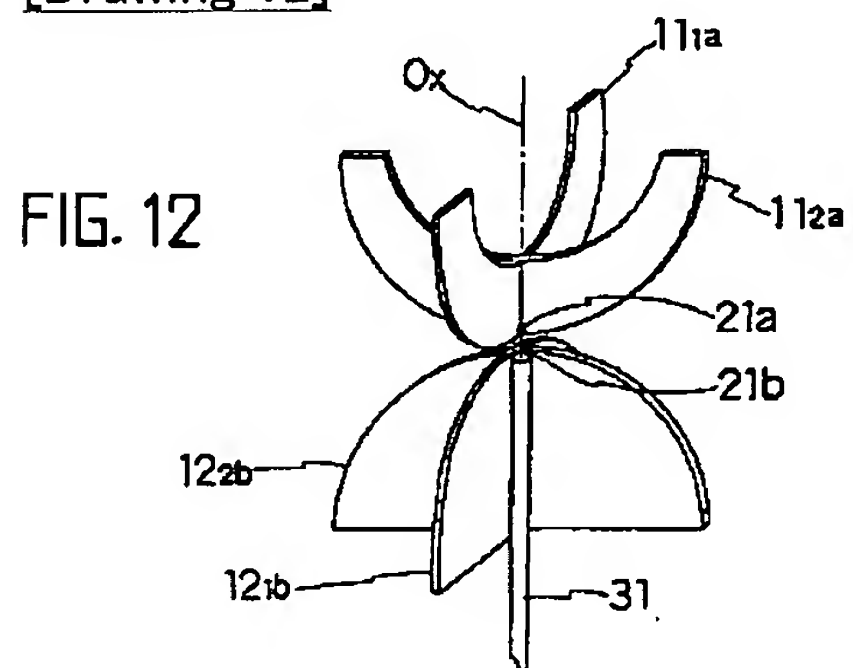
FIG. 9



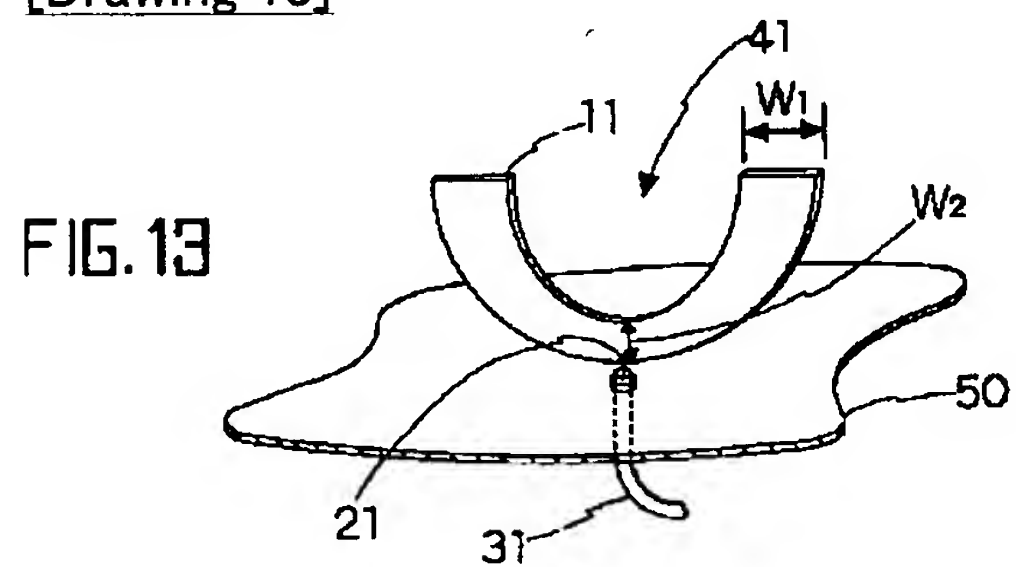
[Drawing 10]



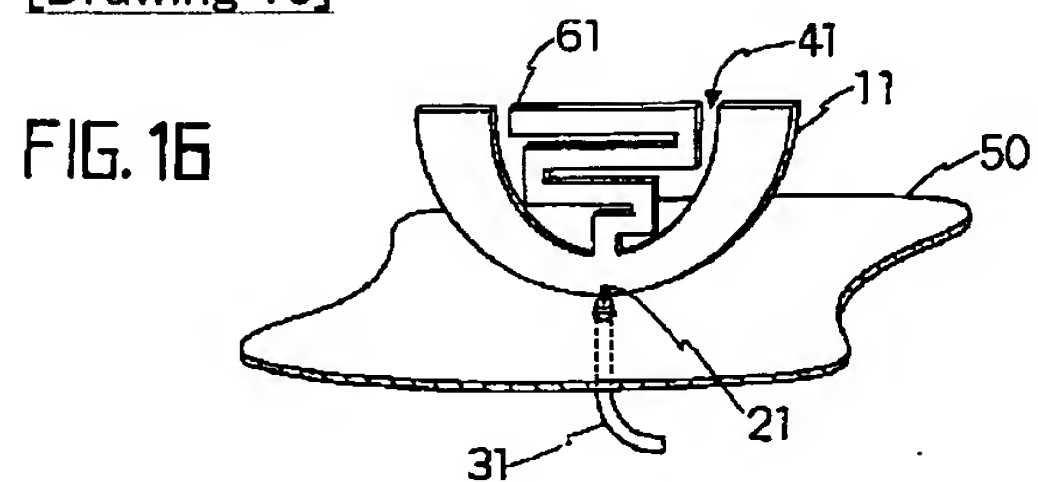
[Drawing 12]



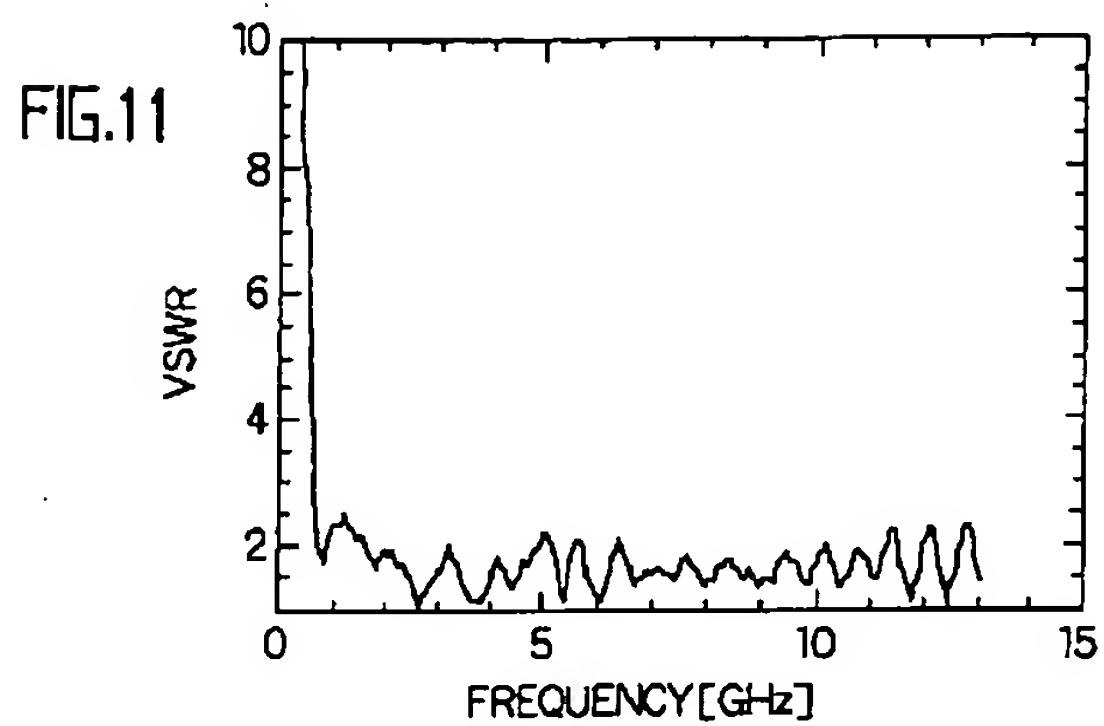
[Drawing 13]



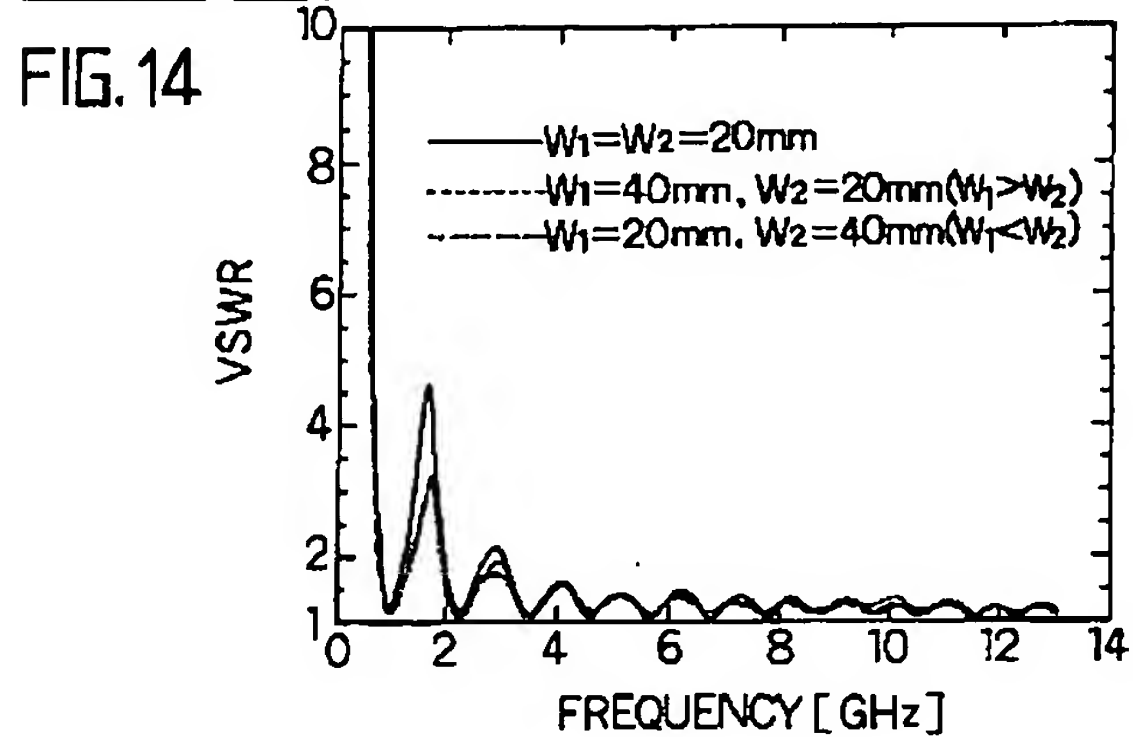
[Drawing 16]



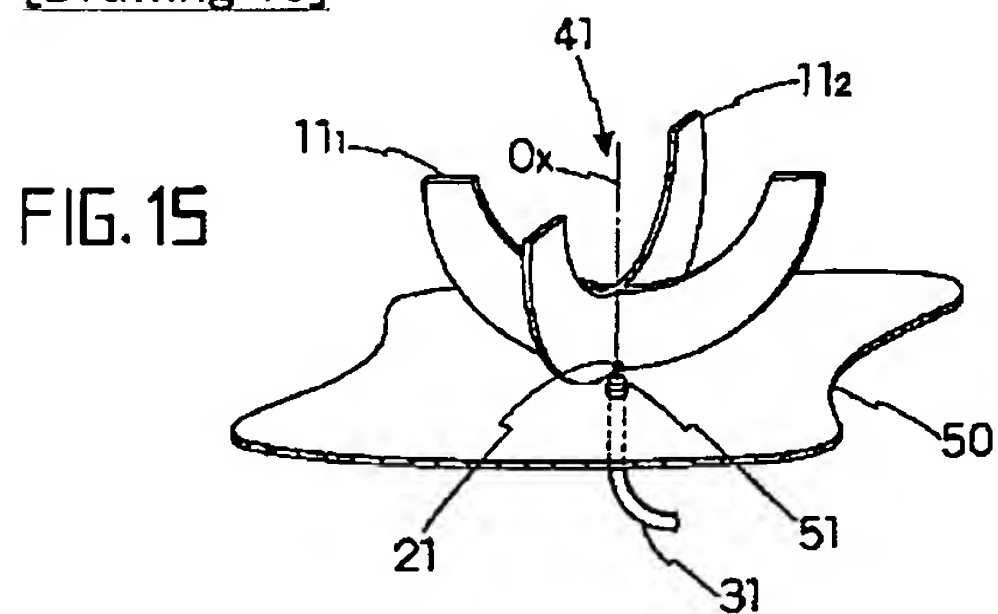
[Drawing 11]



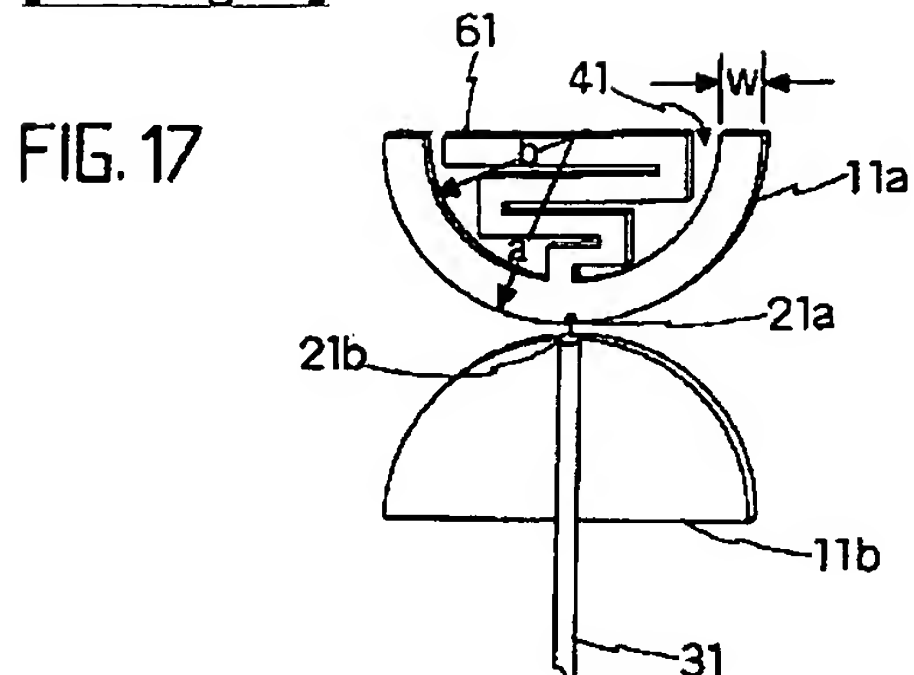
[Drawing 14]



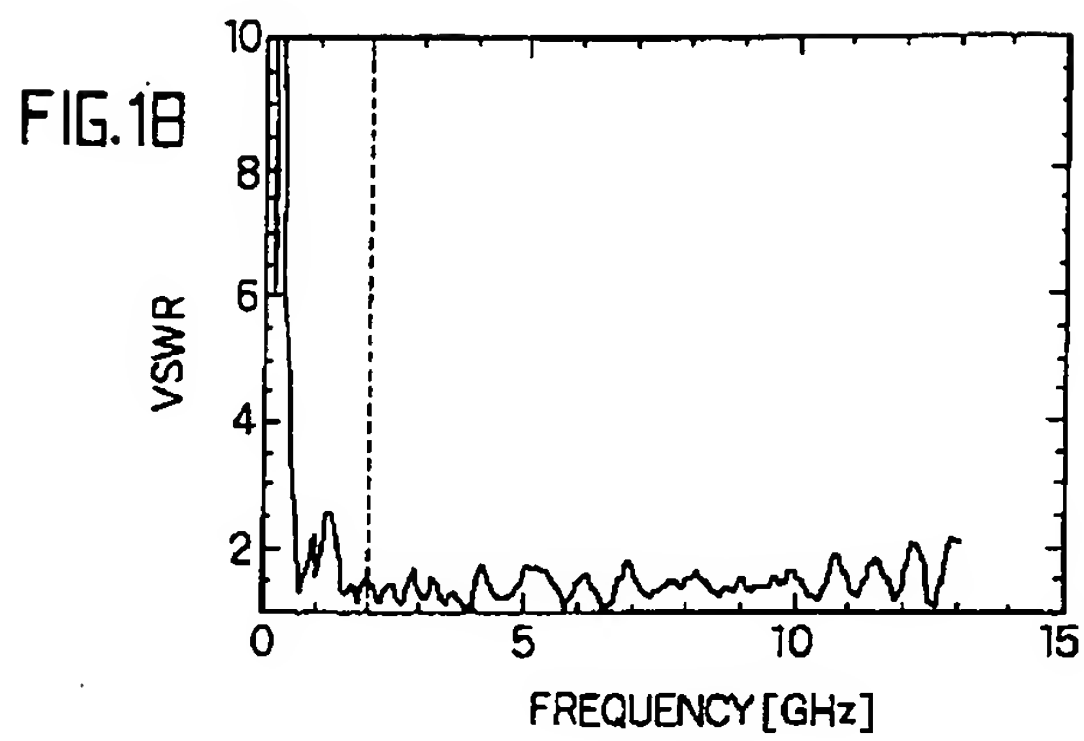
[Drawing 15]



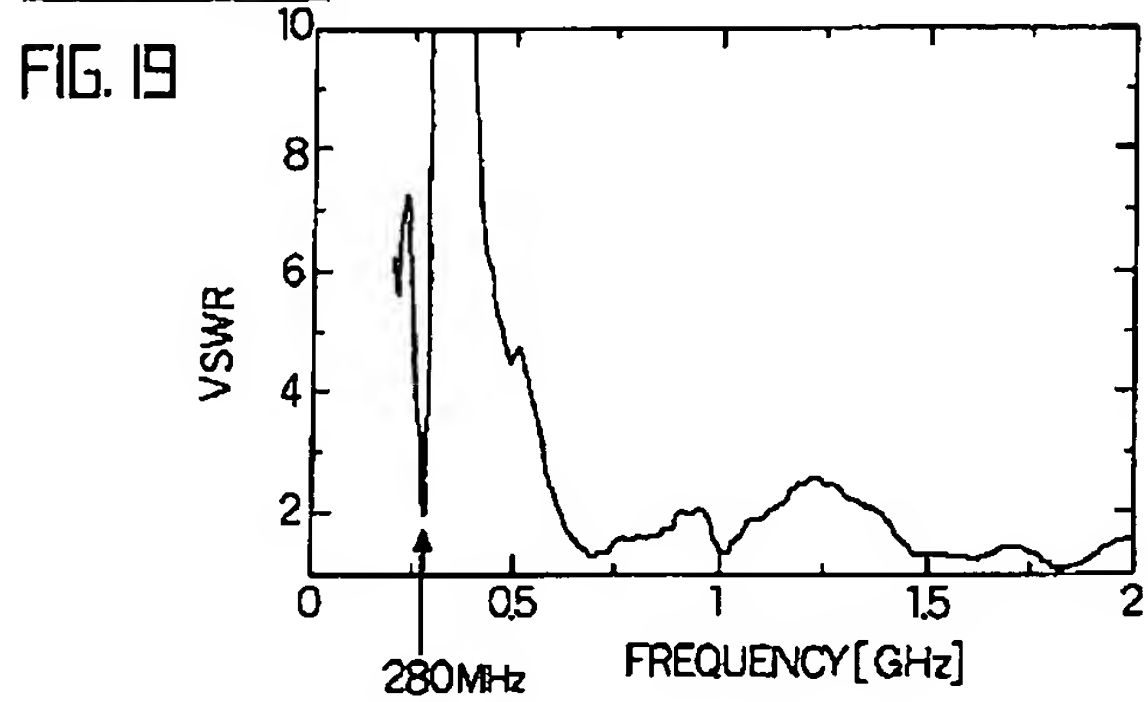
[Drawing 17]



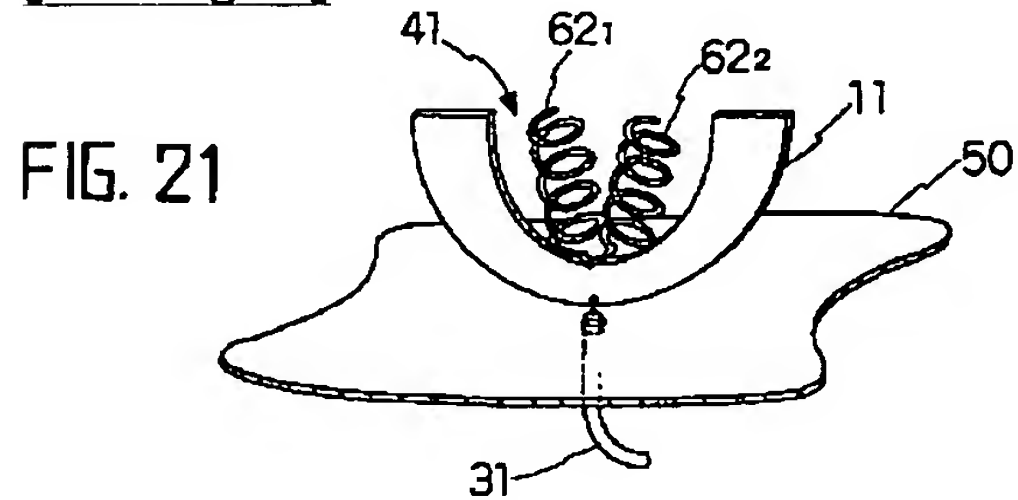
[Drawing 18]



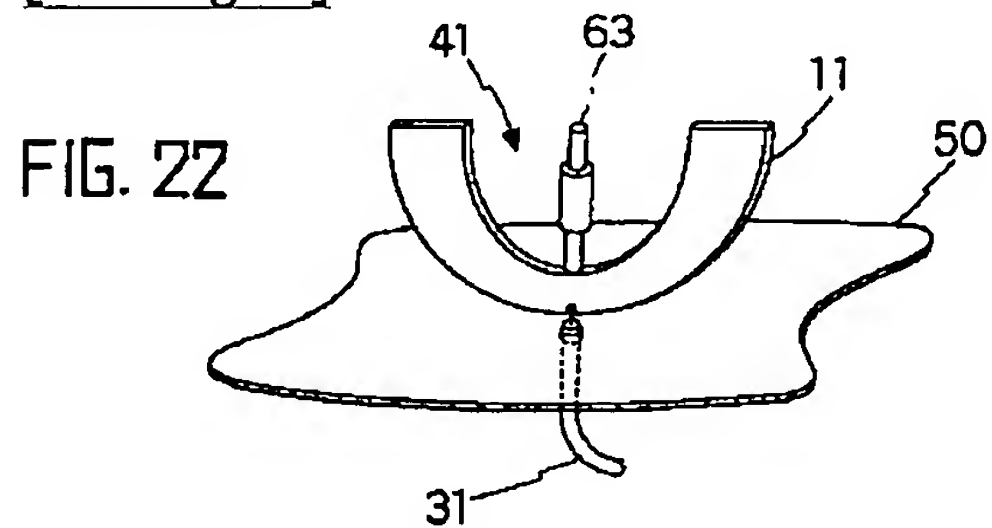
[Drawing 19]



[Drawing 21]

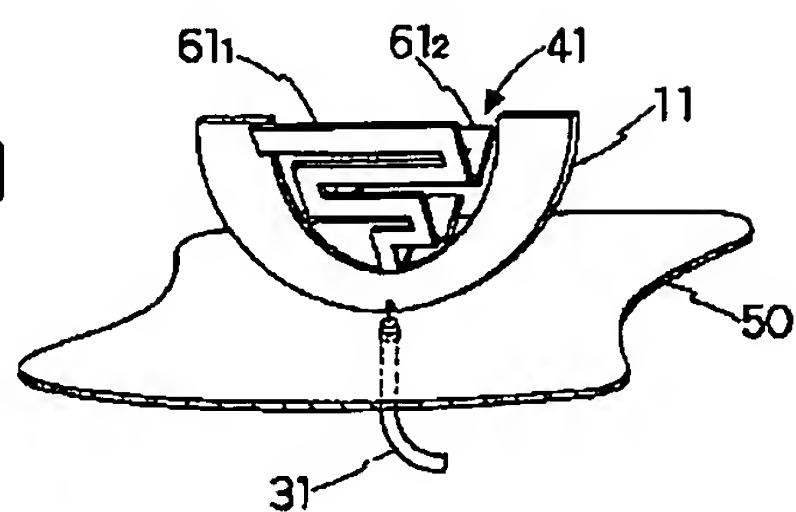


[Drawing 22]



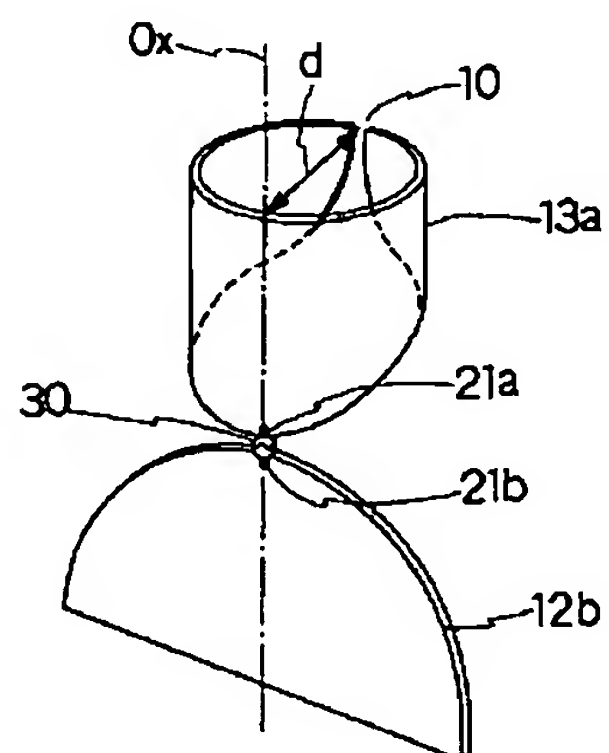
[Drawing 20]

FIG. 20



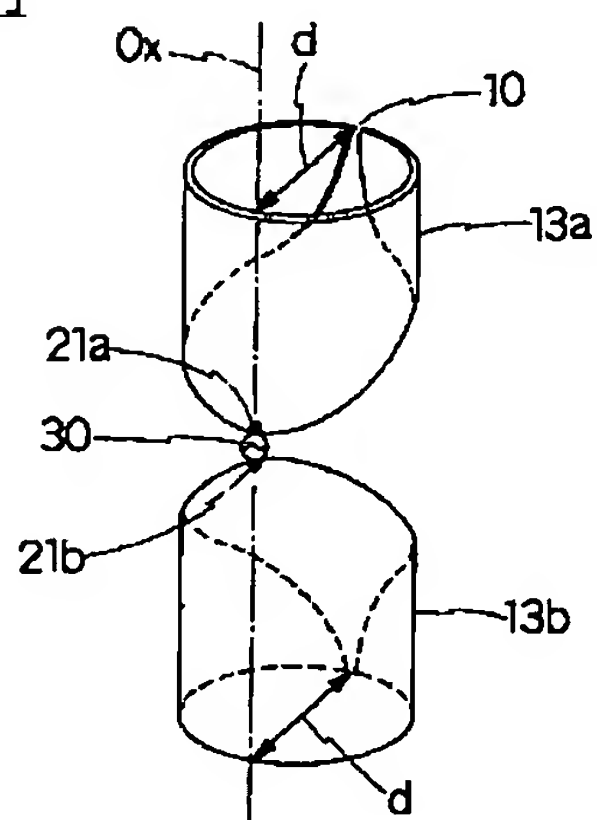
[Drawing 23]

FIG. 23



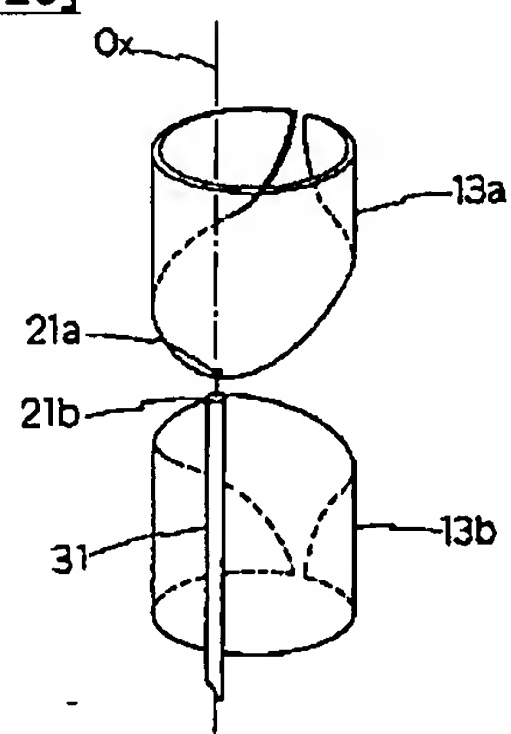
[Drawing 24]

FIG. 24

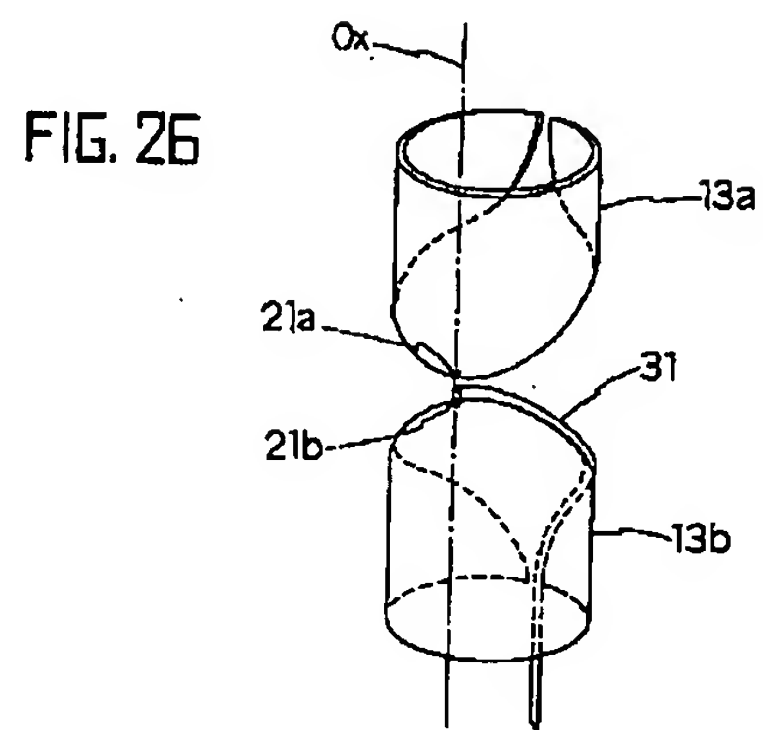


[Drawing 25]

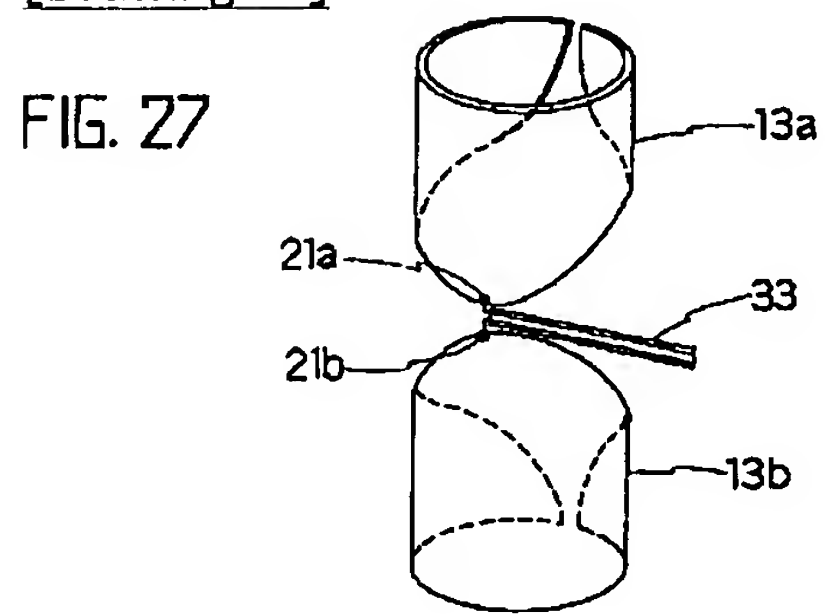
FIG. 25



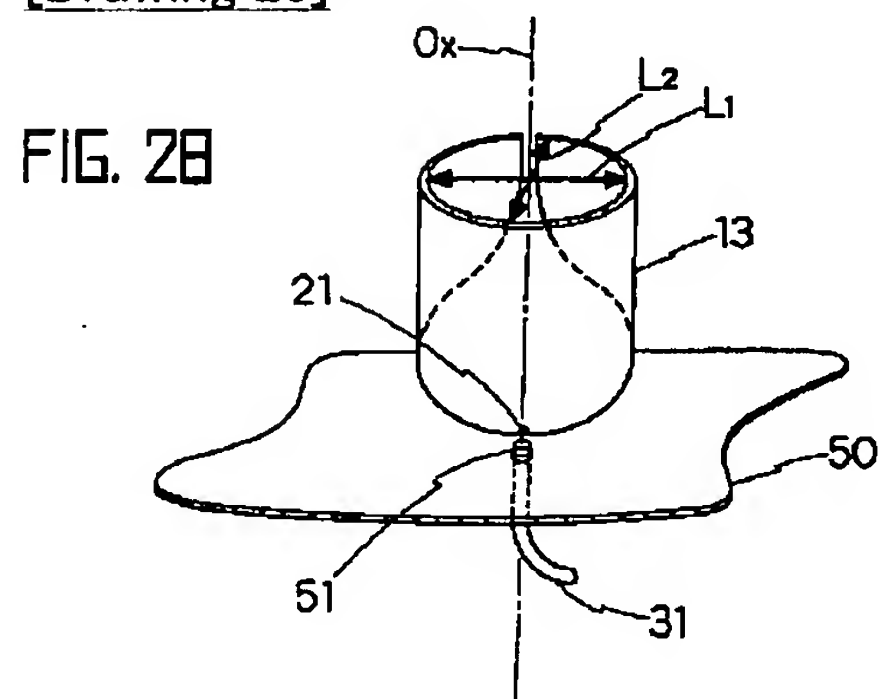
[Drawing 26]



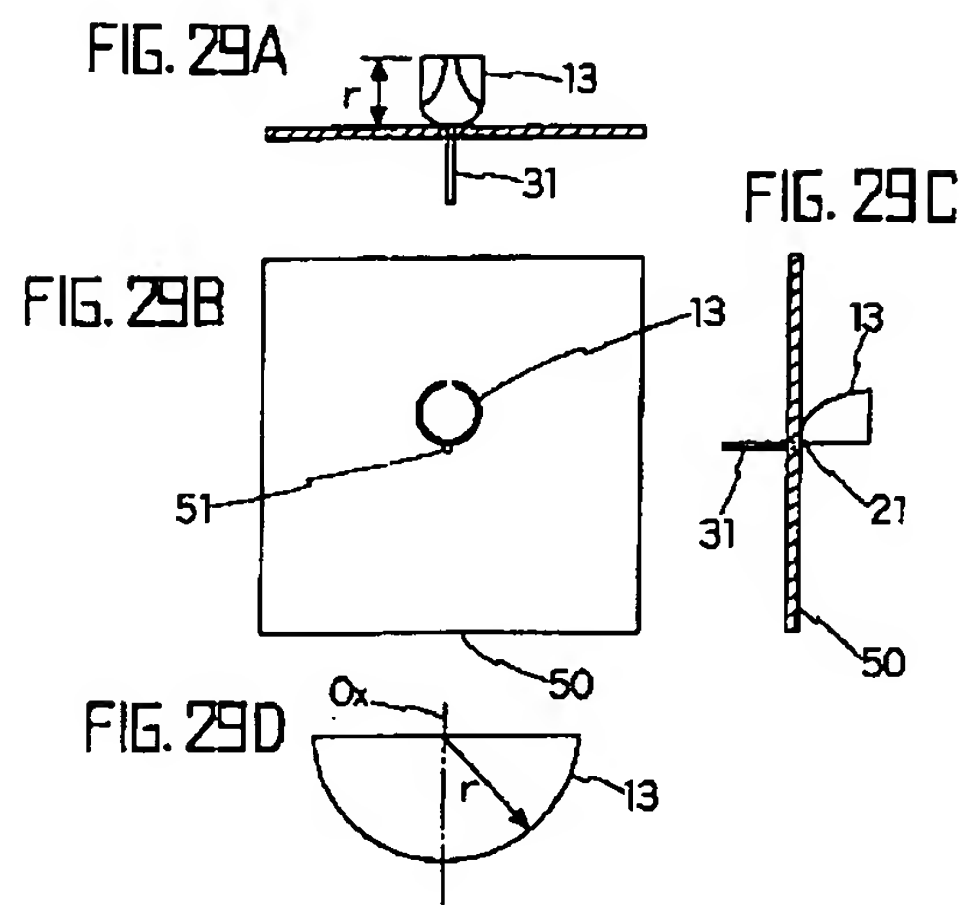
[Drawing 27]



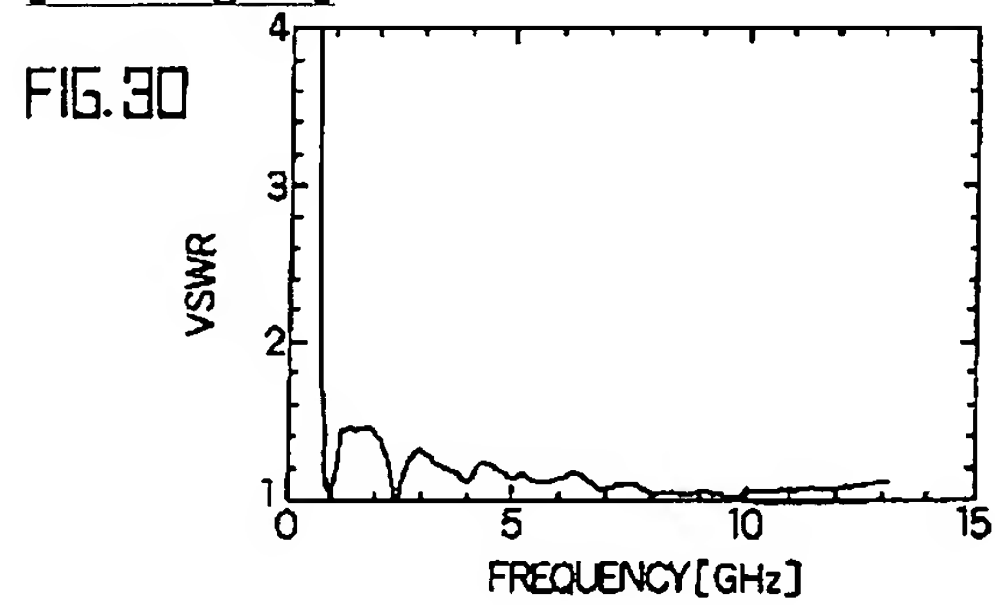
[Drawing 28]



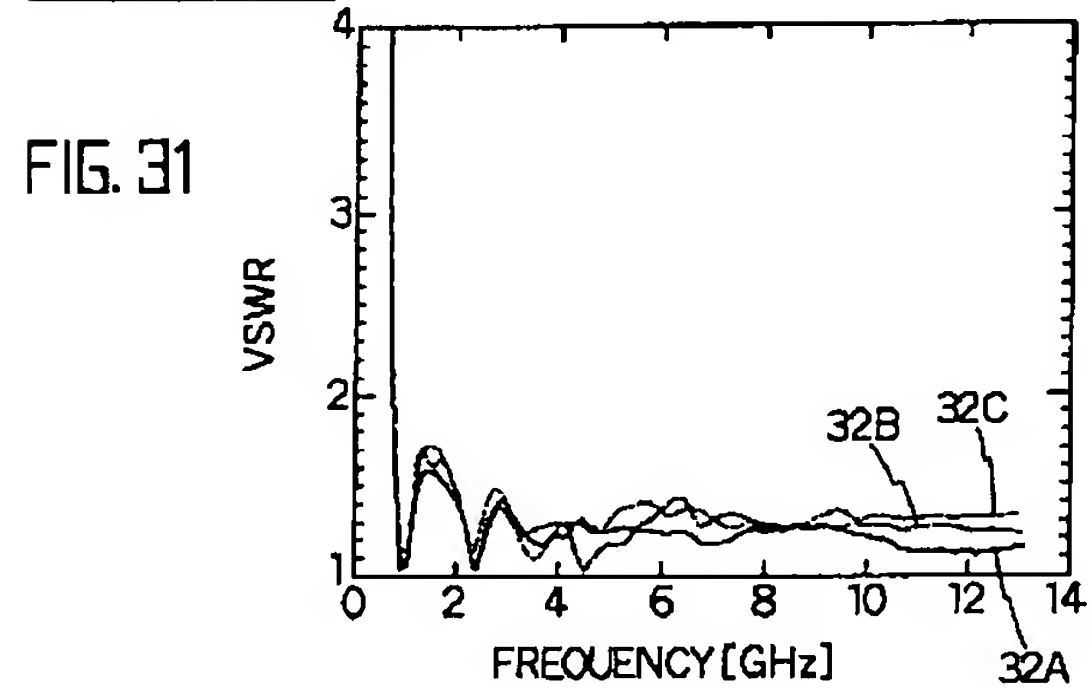
[Drawing 29]



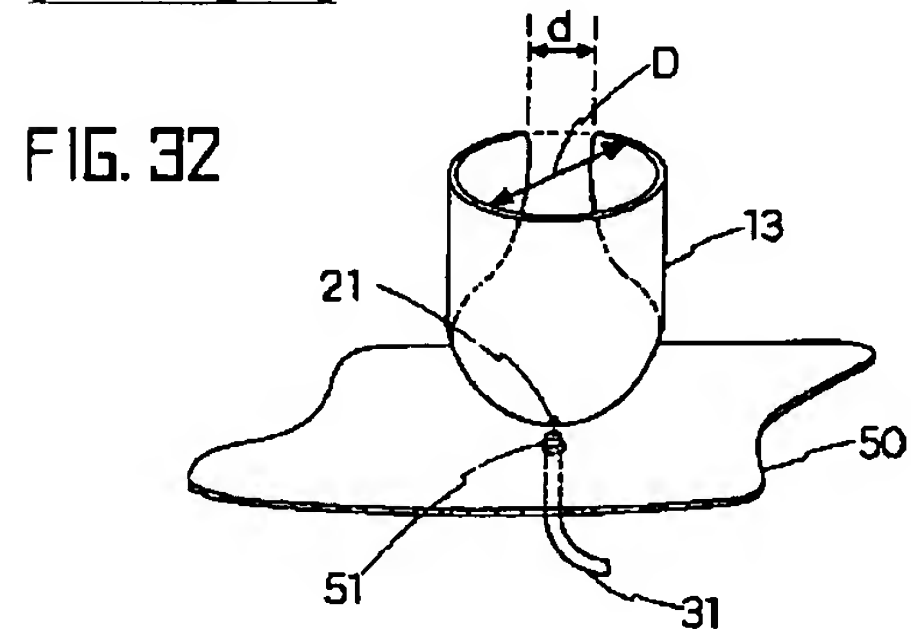
[Drawing 30]



[Drawing 31]

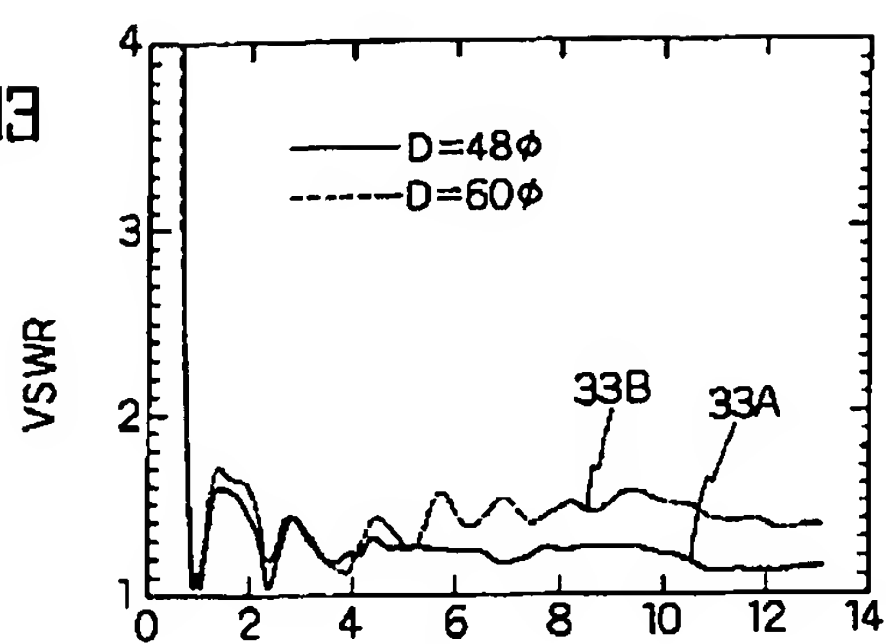


[Drawing 32]



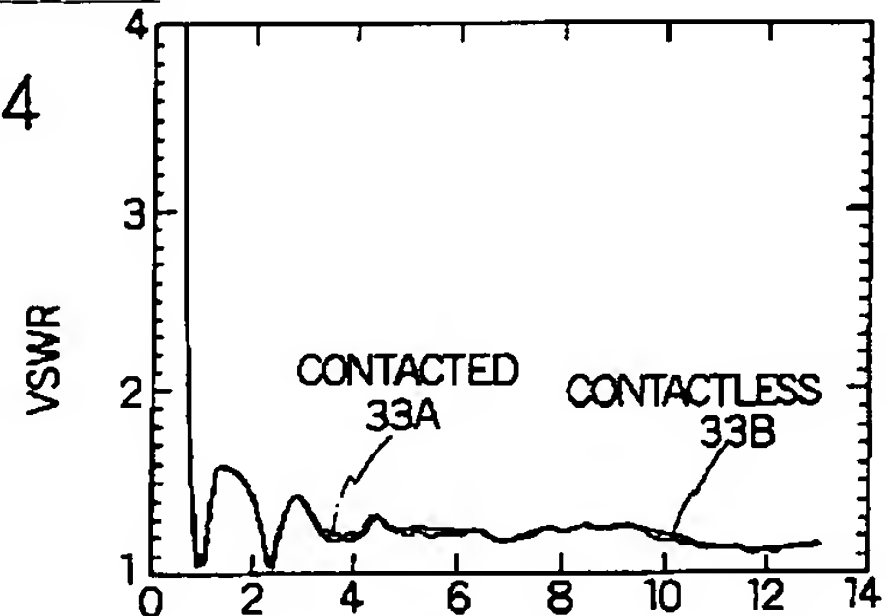
[Drawing 33]

FIG. 33



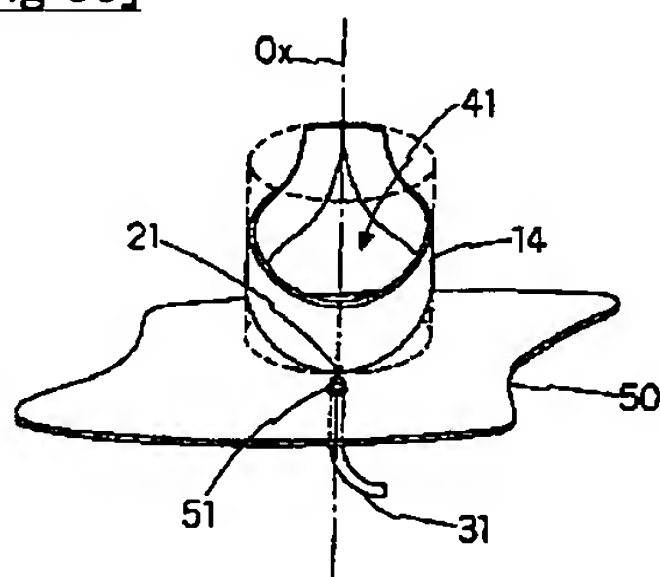
[Drawing 34]

FIG. 34



[Drawing 35]

FIG. 35



[Drawing 36]

FIG. 36A

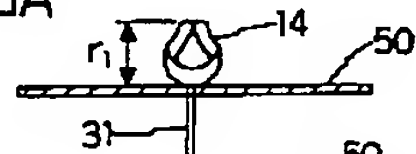


FIG. 36C

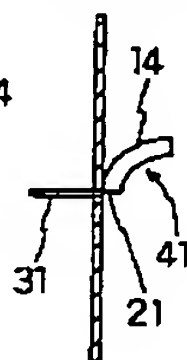


FIG. 36B

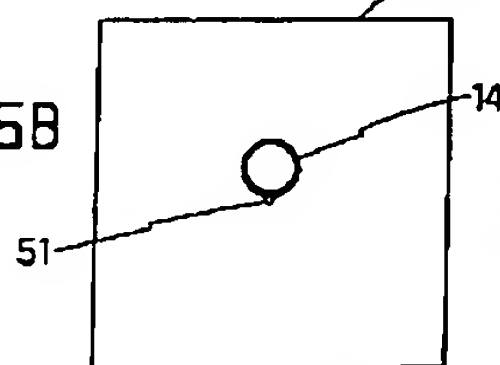
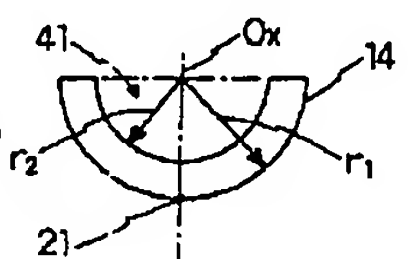


FIG. 36D



[Drawing 37]

FIG. 37A

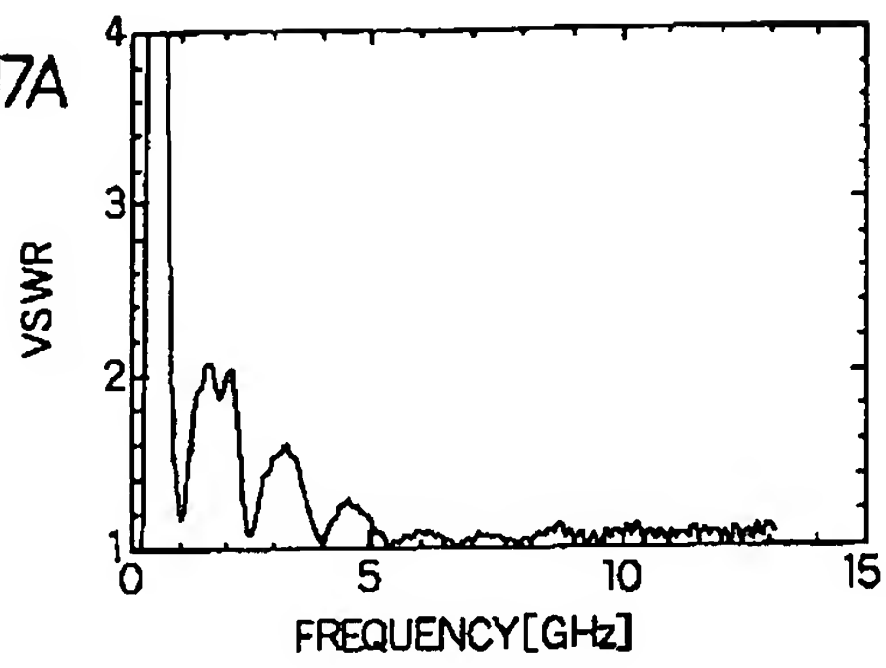
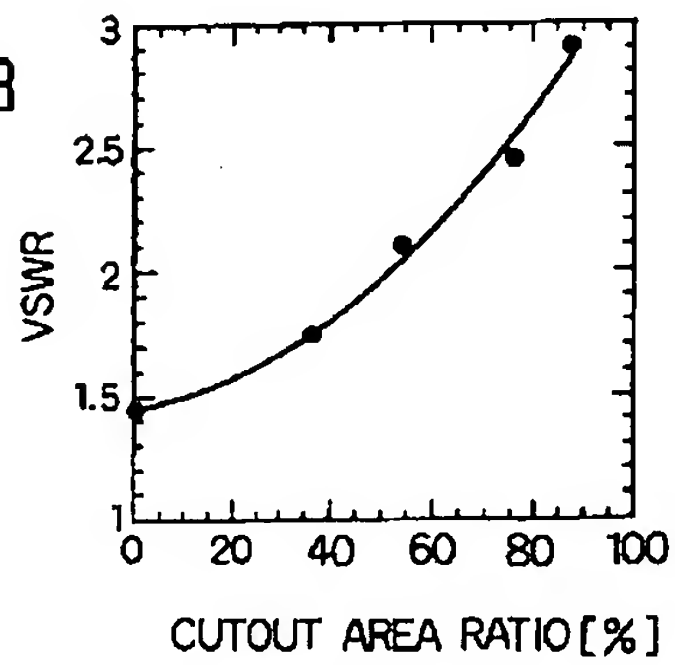
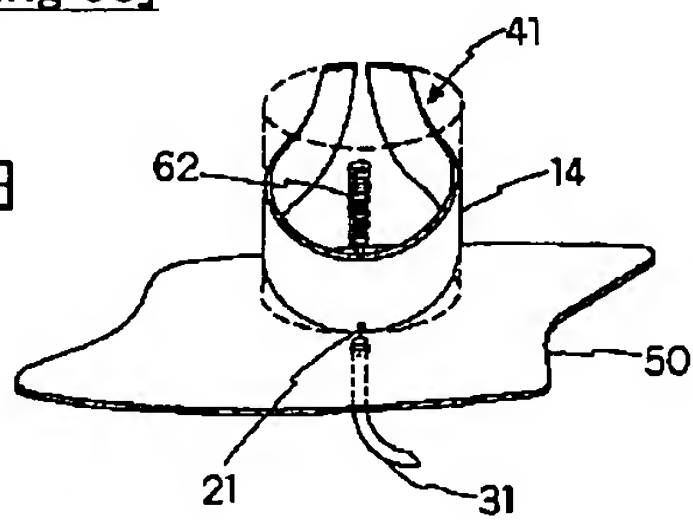


FIG. 37B



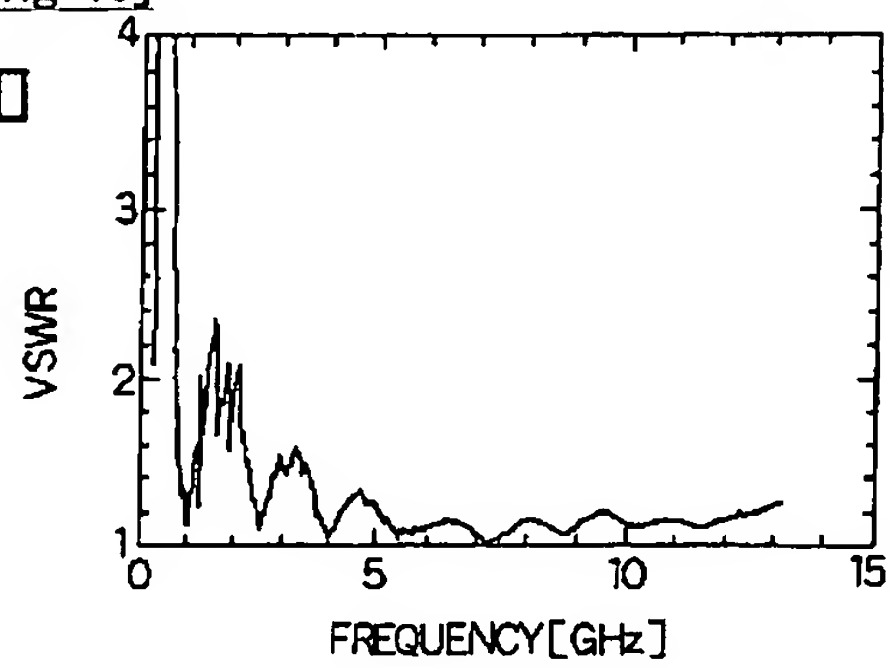
[Drawing 38]

FIG. 38

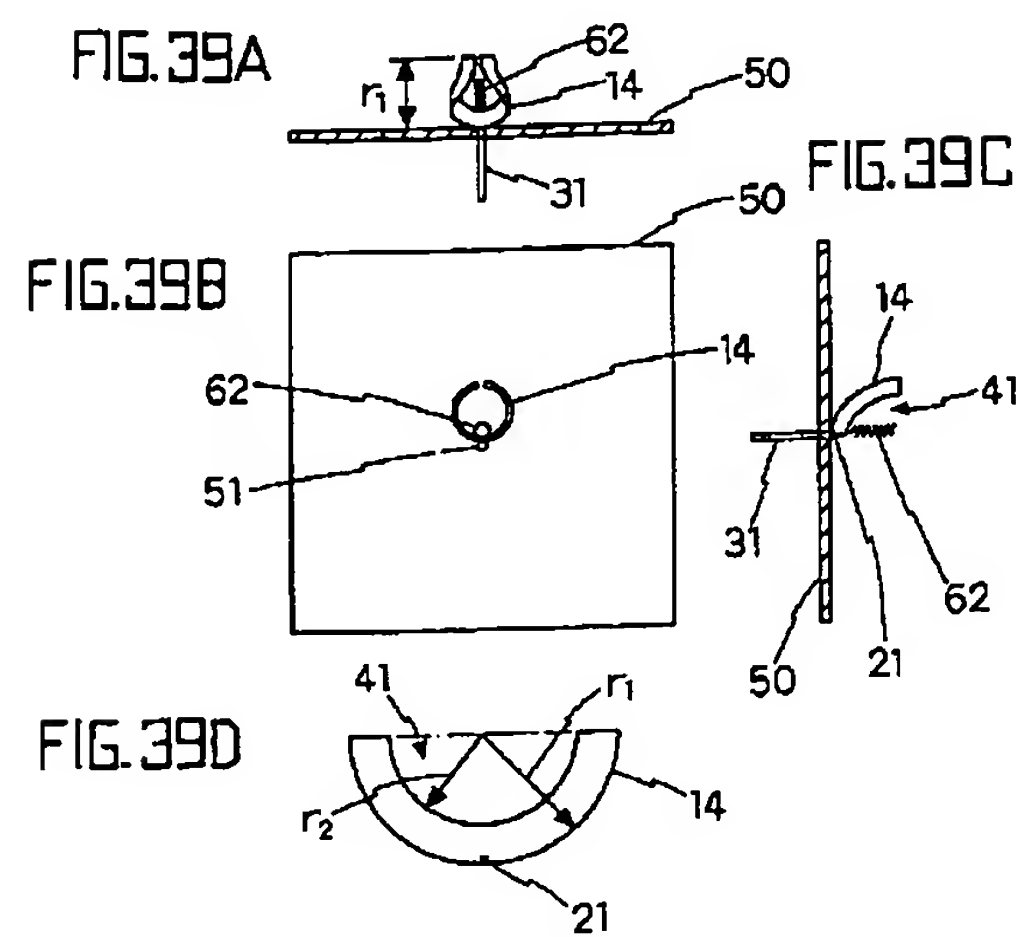


[Drawing 40]

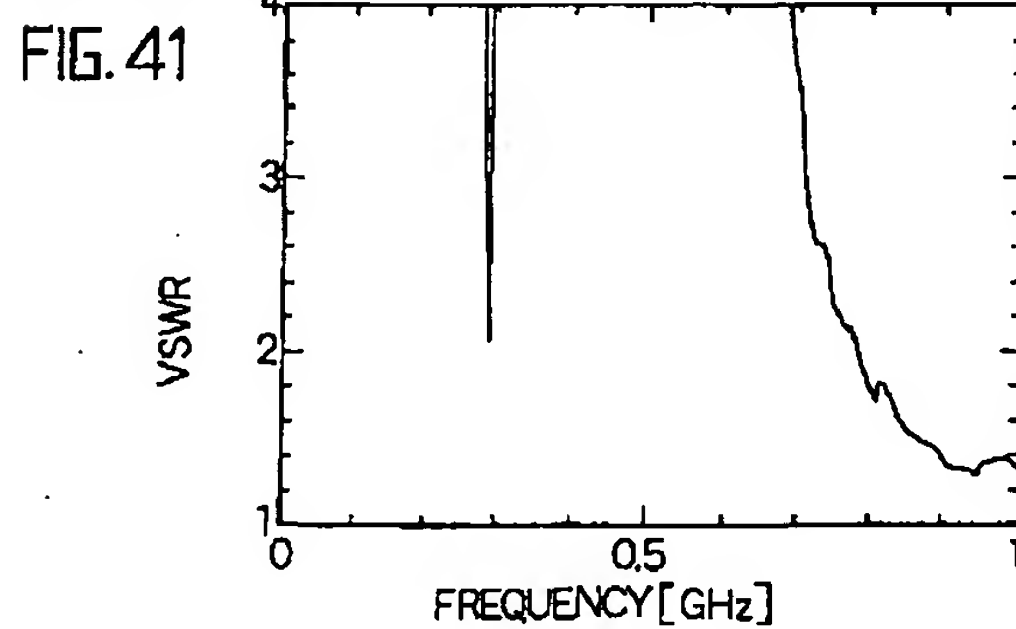
FIG. 40



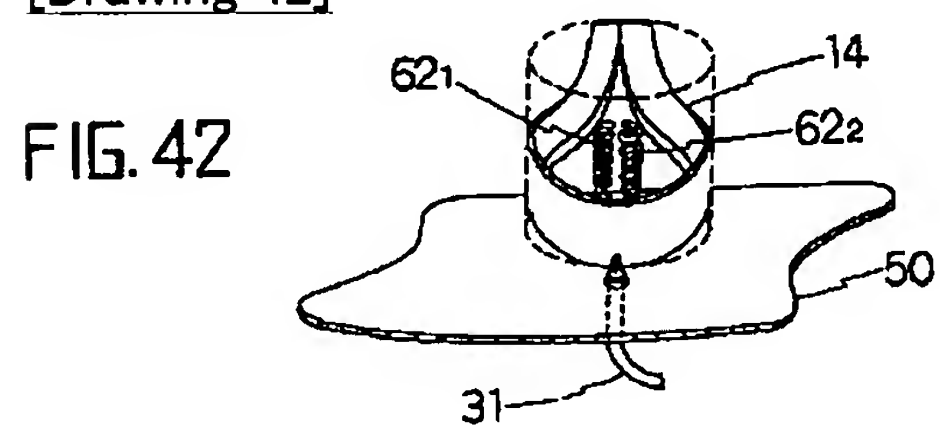
[Drawing 39]



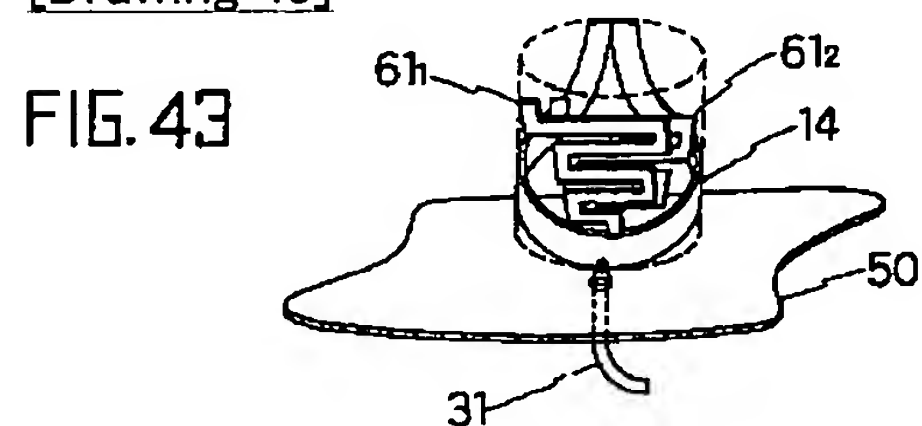
[Drawing 41]



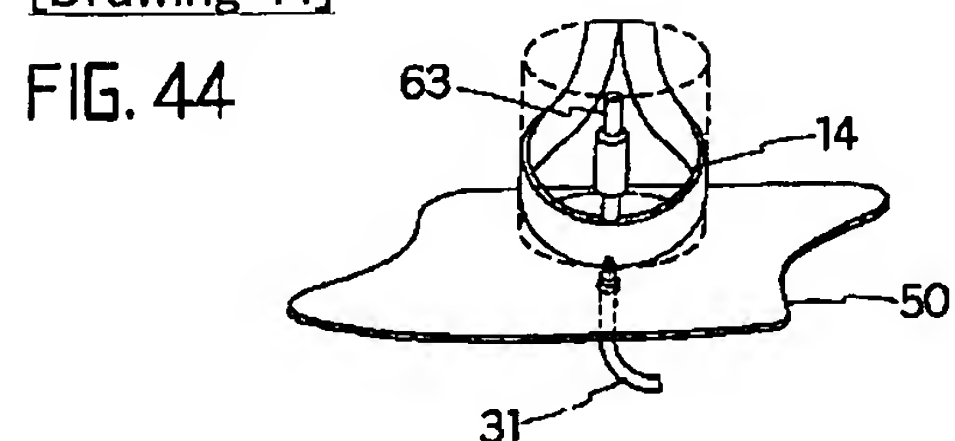
[Drawing 42]



[Drawing 43]



[Drawing 44]



[Translation done.]